

تاريخ العلوم العام

العلم الحديث

به تاتون

عيلي مقلد



تَارِيخ
الْعُلُومِ الْعَامَّةِ
الْعِلْمُ الْحَدِيثُ

تَارِيح العُلوم العام

المجلد الثاني
العِلْمُ الْحَدِيثُ

من سَنَةِ 1450 إلى سَنَةِ 1800 م

بإشراف
رنيه تاتون
تَرْجَمَة
د. علي مقلد

 **المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع**

بيروت - الطبر - شارع الفن - صاه سلام

هاتف: ٥٠٧٧٧٨، ٥٠٧٧٧٩، ٥٠٧٧٨٠، ٥٠٧٧٨١

بيروت - الصفاة - صاه طاهر هنافس ٣٠١٠٣٠ - ٣٠١٠٣١
ص. ب. ٣٠١٠٣١ و ٣٠١٠٣٢ مكتب ٣٠١٠٣٢ - ٣٠١٠٣٣



الكتاب النثر والخطبة والتاريخ

القاهرة - النادي العربي - ١٧ شارع النصر - هاتف: ٣٧٠٣٣٨ - ٣٧٠٣٣٩
محل: ١٠٦٨٦ - بناية عربية ١٧٧٧٨

جميع الحقوق محفوظة
الطبعة الأولى
1410 هـ - 1990 م

مكتبة
المؤسسة العامة لادارة النشر والتوزيع

الطبعة الأولى: ١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م
الطبعة الثانية: ١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م
الطبعة الثالثة: ١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م
الطبعة الرابعة: ١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م

الكتاب رقم والطبعة والتوزيع
الكتاب رقم: ١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م
الطبعة: ١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م
التوزيع: ١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م

العِلْمُ الْحَدِيثُ

هذا الكتاب ترجمة

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE RENÉ TATON
Directeur scientifique au Centre national de la Recherche scientifique

TOME II

LA SCIENCE MODERNE

(DE 1450 A 1800)

par

E. BAUER, Y. BELAVAI, G. CANGUILHEM, C. CHAGAS, J. CHESNEAUX, I. B. COHEN,
P. COSTABEL, Fr. DAGOGNET, M. DAUMAS, A. DAVY DE VIRVILLE, P. DELAUNAY,
R. DUGAS, L. DULIEU, J. FILLIOZAT, R. FURON, M. D. GIMEK, É. GUYÉNOT,
L. HALPERIN DONGHI, G. HAMAMDJIAN, J. ITARD, A. KOYRÉ, R. LAMONTAGNE,
R. LENOBLE, J. F. LEROY, J. LÉVY, Ch. MORAZÉ, J. NEEDHAM, J. ROGER, E. ROSEN,
J. ROSTAND, J. TATON, R. TATON, A. TÉTRY, J. THIÉODORIDÈS, M.-A. TONNELAT,
G. WALUSINSKI

DEUXIÈME ÉDITION REFOUDUE ET AUGMENTÉE

©PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

المقدمة

في حين يرسم المجلد الأول من هذه المجموعة تطور العلوم في مختلف الحضارات منذ البدايات حتى أواخر الحقبة الوسيطة ، لا يعالج هذا المجلد إلا حقبة أقصر ، تمتد تقريباً ، من منتصف القرن الخامس عشر حتى نهاية القرن الثامن عشر .

هذا اللاتوازن يمكن تبريره بسهولة ، فالمرحلة من تاريخ العلم التي ندرسها في هذا المجلد تتوافق في معناها العميق وبغنى محتواها ، مع الحقبة الأكثر حسناً في كل تاريخ الفكر العلمي ، في أوروبا الغربية ، انطلاقاً من عصر النهضة ، من المؤكد أن علماء القرن السادس عشر وحتى علماء القرن السابع عشر ، قد تأثروا بالفكر الأغريقي وبالفكر المدرسي (سكولاستيك) الوسيطي وقد شكل قسم مهم من جهودهم إعادة كشف ودراسة أكثر وعيهم لنصوص العصور القديمة والقرون الوسطى . وعلى كل إن الظروف الجديدة الناتجة عن اختراع المطبعة ، وكذلك حركة الفضول الواسعة التي سببتها الرحلات الاستكشافية الكبرى وتراخي الروابط التي تجمع العلم إلى الفلسفة وإلى اللاهوت ، قد أدت إلى نشأة عقلية جديدة هي في أساس العلم الحديث.

وإذا كانت بعض الحقب ، كبدایات المعهد الاسكندري ، قد عرفت ازدهاراً قوياً ، فإن هذه الفترة قد ظلت محدودة دائماً في الزمن ولم تشمل مجمل المجالات العلمية . وبالمقابل فإن الجهد الجريء والمميز لعلماء النهضة الأوروبيين ، قد جلد العقلية في مختلف قطاعات العلم ، وبذات الوقت دفع التقدم العلمي في حركة لا مرد لها أخذت تنتشر وتتم وتنتسار عبر العصور التالية .

وتبرر الأصالة العميقة والأهمية التاريخية لهذه الحركة ، بأن واحد العدد الكبير من الاكتشافات المحققة ، كما تبرز المكانة التي منحناها لدراسة التطور العلمي الأوروبي خلال هذه القرون الثلاثة والنصف التي امتدت منذ تدهور الحضارة الوسيطة حتى نهاية عصر الأنوار . إن بعض الفصول المخصصة للحضارات خارج أوروبا تتيح لنا أن نحدد ، بالمقارنة ، ونجسج وتدهور بعض العلوم التقليدية ، وبذات الوقت انتشار العلم الغربي الجديد بصورة تدريجية .

إن عزل هذا العلم الحديث عن العلم المعاصر في القرنين التاسع عشر والعشرين والذي سيكون

موضوع المجلد الثالث قد يبدو مصطنعاً ، وعلى كلٍ يتوافق هذا الفصل ، المفروض علينا لأسباب مادية ، وعلى صعيد الأفكار والوقائع ، مع انشقاق واضح نوعاً ما . فبعد بزوغ عصر النهضة ، أخذ القرن السابع عشر يطرح مبادئ العلم الحديث ويحقق تقدماً ضخماً في مجالات العلم النظرية . أما القرن الثامن عشر فبعد أن أخذ يد بصورة تدريجية هذا التجديد ليشمل مختلف فروع علم الفيزياء وبعض قطاعات علوم الحياة ، أخذ ، محفوزاً بإيمان قوي بقيمة العلم ، يستثمر بصورة منهجية إنجازات القرن السابق . وقد شهد القرن الثامن عشر ، وهو مقرون ، تبعاً للمجالات ، بجهد متعب أو بانفتاح مجالات جديدة في البحث ، تبداً عميقاً في وجهة النظر ، فيما يتعلق بمعنى العلم وبلوره الاجتماعي .

إن تعميم المناهج الجديدة في التعليم والبحث ، وتعدد المختبرات ، وظهور المجالات العلمية المتكاثرة باستمرار والمتخصصة ، وكذلك تطبيق الاكتشافات المتزايدة في كل المجالات ، كل ذلك اعتبر من العوامل الأساسية في هذا المنعطف الحاسم ، أن القرن التاسع عشر والقرن العشرين بعد معارضتهما المفهوم الجمالي المنطقي لدور العلم الذي كان مقبولاً بوجه عام حتى ذلك الحين ، استسرا في إعطاء الأهمية البالغة للبحث الجذري ، وشاهدنا التقدم العلمي يصبح ، عن طريق التقنيات ، أحد أهم العوامل الرئيسية في تطور البشرية .

إن اتساع المجال الذي يجب استكشافه ، والتقنية البالغة التي يجب تقديم نتائجها أو تفسيرها قد فرضنا ، في هذا الكتاب ، تدخل كتاب عديدين ومتخصصين ، والتجزئة النسبية التي نتجت عن ذلك ترتدي سمة مصطنعة ، فغالبية العلماء في هذه الحقبة قد اهتمت بمجالات متنوعة تبدو عند البحث بها ، ذات وشائج وثيقة وقوية ، من ذلك مثلاً أن دراسة أعمال وتأثيرات مفكرين وعلماء مثل نيكولاي دي كوي N. de Cues ، وليونارد دافنشي Léonard Devinci أو باراسلس Paracelse أو غاليليه Galilée أو ديكارت Descartes أو نيوتن Newton أو ليبنز Leibniz ، توزعت بين عدة فصول بدلاً من أن تجمع في تركيبة شاملة . ونعتقد على كل حال أن هذا الخطأ قد عوض في معظمه في الفصول الداخلة ، وكذلك في الإحالات المتعددة التي تتيح ربط مختلف أوجه ذات العقيدة أو ذات الموضوع . ودون التنكر للاعتراضات على التقسيمات المعتمدة - وهي تقسيمات مدروسة سببها الرغبة في مراعاة الفواصل الزمنية ، أكثر ما يمكن ، وكذلك الرغبة في اعتماد خطة تعكس ، بالنسبة إلى كل حقبة مدروسة ، وبأن واحد ، بنياتنا الحديثة والإنجازات العامة التي كانت للعلم في حينه - إننا نؤمن أن أية خطة أخرى سوف تلاقي انتقادات مماثلة أن لم تكن أقوى وأشد . وكذلك أيضاً من المستحيل أن تعكس لائحة المضامين مهما كانت موسعة ، كل تعقيدات التاريخ الحي .

وربما يكون من المفيد التذكير بأن هذه الدراسة تستبعد بأن واحد تاريخ العلوم الإنسانية وكذلك تاريخ التقنيات ، ومن جراء هذا ، لا تعالج في هذا الكتاب الزراعة والصناعة الكيميائية ، والصناعة النسيجية ، والتعدين ، وفن المناجم ، وتقنية البناء ، والميكانيك التطبيقي ، والحساب الميكانيكي ، وعلم الخرائط والطوبوغرافيا والميتورولوجيا الخ . وإذا كنا قد أشرنا إلى العلاقات العديدة

بين تطور العلوم الحالية وتقدم التقنيات فقد استطعنا بفضل نشر مؤلفات موازية وتكميلية في التاريخ العام للتقنيات ، ان نخفض هذه البحوث الى ما هو ضروري ، ولا يشكل ادراجنا تاريخ الطب ضمن برنامجنا خروجاً عن هذه القاعدة ، إذا كان الطب ، في موضوعه ، يعني العناية بالبشر ، فإن نمو مرتبط تماماً بنمو البيولوجيا فلا ينفصم عنها .

ونذكر أيضاً بان وجود سبعة مؤلفات في « تاريخ الحضارة العام » قد أتاح لنا ان نختصر في وصف الإطار السيامي والفلسفي والاقتصادي والاجتماعي . إن تحليل المراحل الاساسية لتطور العلوم قد أفاد من البحوث غير الموسعة . والتقسيمات التاريخية التي قمنا بها والتي بدت ضرورية لتوضيح العرض يجب أن لا تؤخذ على أنها إخلال أو إهمال . فاختيارها قد تم ودرس دراسة خاصة في كل مجال . والأساس في عملنا التوفيتي والتنسيقي قد توجه نحو إقامة استمرارية نسبية .



ان هذا المؤلف ، مثل المجلد السابق هو حصيلة التعاون الوثيق المخلص بين عدة مؤلفين ارتضوا عن قناعة الخضوع لانتظام اقتضاه انجاز هذا العمل . ونتوجه بالشكر المخلص اليهم والى كل المتعاونين المتطوعين الذين ساعدونا بنصائحهم أو الذين شاركوا في عملية المراجعة .

والطبعة الثانية من هذا المؤلف قد روجعت ويؤتمت من قبل مختلف المؤلفين . كما عدلت فصول كثيرة ووسعت في بعض الأجزاء .

هكذا وبصورة خاصة فقد وسعت دراسة علوم الحياة في مختلف الحقب وأعيد ترتيبها . وقد استفدنا في هذه المراجعة ، ومن اجل كتابة الفصول الاضافية من معونة عشرة من المؤلفين الجدد نشكرهم على معونتهم الغالية وقد استفدنا أيضاً من التجربة التي حصلنا عليها عند انجاز المجلدات الأخرى ومن آراء واضحي التقارير الملحقين . ومن القراء النابهين .

وهناك عناية خاصة أوليناها للملحقات المستندية التي تسهل استعمال مثل هذا الكتاب وعلى هذا فقد روجعت الفهارس الدلائل بعناية واستكملت كما أن مراجع الكتب قد روجعت وزيدت ورتبت بشكل منهجي خالص .

رپنه تاتون

القسم الأول :

النهضة

ان المكتشفات التي ادخلناها من اجل تحديد هذا القسم الأول ترتدي جزئياً طابعاً اصطناعياً . ان عبارة « النهضة » قد توقع في الوهم كما تستدعي الانتقاد أما حدود هذه الحقبة فمعناها نسبي خالص .

ومع ذلك لا يمكن الإنكار ان القرن ونصف القرن الذي يفصل مدرسي بداية القرن الخامس عشر من أوائل الممثلين الحقيقيين لعلم القرن السابع عشر : فيات Viète ، جيلبرت Gilbert ، غاليليه Galilée ، كبلر Kepler ، باكون Bacon وهارفي Harvey ، يشكلون حقبة خصبة وضرورية من أجل صياغة العلم الحديث . لا شك أن كلمة « النهضة » يجب أن لا تؤخذ في معنى مطلق خالص . والتركيز على نجاح حركة الأنسنة ، وعلى دور المطبعة ، وعلى استعادة المصادر القديمة ، وأخيراً على دراسة « الطبيعة » بشكل مباشر قريب ، يجب أن لا ينسي مصادر التقدم الأخرى أو الجمود ، وضخامة وقع الاكتشافات الكبرى ، والنهضة الحية لأشباه العلوم ، وغنى وغموض التركة الوسيطة ، والاهتمامات التقنية ونتائج « الإصلاح الديني » الحنيفة أو العقيمة . بعد هذه التحفظات ، تبدو هذه الحقبة بأن معاً غنية وأسرة ، في انتاجها الوافر الذي يمزج التجديدات الأكثر خصباً بالتطورات الأقل عقلانية ، إن النهضة ما تزال حقبة انجراف وراء الحركة الموسوعية . ولهذا فالتقسيمات التي اضطررنا الى إدخالها على مختلف العلوم ، لا تمجد لها مبررات رئيسية ، في غالب الأحيان ، إلا في تسهيل العرض باستخراج الخطوط الكبرى للتقدم ، إنطلاقاً من واقع مبهم غالباً .

علوم عصر النهضة

لقد ولى الزمن الذي كان فيه المؤرخون يعتبرون القرن السادس عشر وكأنه اللحظة التي عملت « نهضة الآداب » فيها على تحليل « الغرب » من « ظلمات » القرون الوسطى . ولكن المؤرخ - وان تخلص من هذه الرؤيا المانوية وان أصبح أكثر احساساً باستمرارية التاريخ الفكري وبأصواء القرون الوسطى وبظلال عصر النهضة - يبدو متعباً في استخلاص تيارات القوى ، والاتجاهات الكبرى

في الفكر المعقد الكثير الأشكال السائدة في حقبة كان فيها كل شيء ممكناً ، وحيث تبدو الفوضى هي القاعدة ، واللاتنظيم هو شرط التقدم .

وخرجت أوروبا من القرون الوسطى مثقلة بحروب إيطاليا وبحرب الثلاثين سنة ، وبالمواجهة بين الدول التي اكتشفت ذاتها ، عبر تفتت المسيحية والصراعات الاجتماعية والدينية . والأمير الملحوظ ، أنها وعت ذلك . واعطتها العودة الى الكتاب القدأى الشعور انها اتصلت ، بقفزة واحدة ، بأعلى درجة من درجات الثقافة التي وصل اليها الغرب . واقنعها اكتشاف العالم الجديد ، واختراع المطبعة وبارود المدافع ، وامتلاك الحقيقة الانجيلية انها قد تقدمت وتفوقت على هؤلاء المعلمين الذين نالوا اعجابها . وفي منتصف القرن السادس عشر اصبح بالامكان الكلام عن « نهضة » منتصرة عرفت كيف تخلف للأجيال اللاحقة الصورة التي اعطتها عن ذاتها .

الأثر الوسيطى : ولكن هذه النهضة مدينة بالكثير للقرون الوسطى التي تحتقر ، وبصورة خاصة تجهيزها الفكري . ان الجامعات الأوروبية كانت ما تزال صغيرة ، في معظمها . والكثير منها لم يكن قد بلغ المئة سنة في الوجود ، في فجر القرن السادس عشر ، حين سارع الأمراء البروتستانت في ألمانيا الى تأسيس جامعات جديدة : 'لا شك أنهم لم يعتبروا النظام متعباً وعتيقاً بالشكل الذي قال عنه لوثر Luther . أن التلامذة في القرن 16 أخذوا عادة السفر للاستماع الى المعلمين المشهورين عن تراث القرون الوسطى . ومن هؤلاء المعلمين غسner Gesner . في مونيخ وباراسلس Paracelse في فراي ، وفيزال Vésale في باريس ، وكوبرنيك Copernic في بولونيا وغيرهم الكثير حتى مطلع القرن السابع عشر .

لا شك أنه كان لا بد من محولات : كان لا بد من رفع رواتب وكرامة معلمي علم البيان ، كما في ألمانيا وإيطاليا ، وإيجاد فرع لعلم الفلك وفرع للرياضيات ، وتعيين معيدين ملكيين لجامعة باريس القديمة العتيقة ، وفي نفس هذه الكليات الباريسية التي حفظ عنها اراسم Érasme ذكرى سيئة جداً ، استطاع فرنسل Fernel ، بعد عدة سنوات أن يلتقي ماثورين كوردير Mathurin Cordiere أو اينياس دي لويابولا Ignace de Voyola . واليها جاء فيزال Vésale يستمع الى جاك دوبوا سيلفوس Jacques Dubois - Sylvius ، قبل أن يذهب بنفسه ليعلم في بادو كغيره من الأطباء الكبار في عصره ، الذين كانوا يعلمون في جامعات اخرى . وعلم القرن السابع عشر هو الذي تخلى ، وليس في كل اوربا أيضاً ، عن النظام الجامعي الموروث عن القرون الوسطى ، لا علم « النهضة » ، أما العلم غير الجامعي ، علم « الفنانين » والمهندسين والمهندسين المائتين (هيدروغراف) ومهندسي العمارة ، فلم ينتظر القرن السادس عشر لينمو وليستفيد من حماية ورعاية الأمراء . وطيلة القرن الخامس عشر آلاف تكتاتر المشاريع المدنية والعسكرية الكبرى ، وكذلك نشر المعالجات المتخصصة ، الأفكار مع هذه الآلات المبتكرة التي حلم بها ليونارد دافنتشي Léonard de Vinci منذ مدة طويلة ، ومن الثابت ان اختراع المطبعة الذي ساهم بدون شك في الانتشار السريع للفكر الجديد ، لم يلعب أي دور في ظهوره . ان المؤلفات

الكبرى في العلم الوسيط هي التي خرجت الأول من المطابع : اسفار (سفائرا Sphaera) ساكرووسكو Sacrobosco (النصف الأول من القرن الثالث عشر) طبعت في فراي سنة 1472 وأعيد طبعها عدة مرات ، Anatomie (علم التشريح) موندينو دي لوزي Mondino dei Luzzi (ظهر سنة 1316) وأعيد طبعه سبع مرات قبل سنة 1500 ، القانون لابن مينا Canon d'Avicenne (ت 1037) و « شذرات الذهب » (أو بيسكول Opusculum) للرازي Rhazès (ت 924) ، وكل منها طبع أربع عشرة طبعة قبل نهاية القرن الخامس عشر .

ويبدو من الصعب ان نمزو الى سقوط القسطنطينية ، وإلى مجي العلماء والمخطوطات اليونانية إلى إيطاليا ، تلك الاهمية الحاسمة التي ظلت لمدة طويلة تنسب اليها . فقد كان بترارك Pétrarque المتوفى سنة 1374 ، يدعو دائماً للعودة الى البيان التشيروني ، وعند 1396 كان مانويل كريزولورا Manuel Chrysoloras يعلم الاغريقية الكلاسيكية في فلورنسا ، وظهرت التيارات الكبرى النهضة ، أي التي عملت الى حد بعيد على تحديد طبيعة النشاط العلمي في القرن السادس عشر ، بصورة تدريجية في القرن الرابع عشر والخامس عشر ، انها ثمرة تطور بطيء في المجتمع وفي الفكر الوسيط ، وليست نتيجة حدث تاريخي مفاجئ .

من العقلانية الى الفردانية :

ابتداء من القرن الثالث عشر على الأقل ، تجسدت الفلسفة في أعمال « ارسطو » ، الذي ظل لمدة خمسة قرون ، سيد الفكر في أوروبا الغربية . ولكن اماره فيلسوف وثني على الفكر المسيحي لم تمر بدون مصاعب خطيرة ، ظهرت عقب القرن الرابع عشر ، صبيحة التركيب الكبير الذي حاول أن يقوم به القديس توماس الأكويني Thomas d'Aquin ، الذي قرى بحساس اكبر و اكثر من « ارسطو » وذلك في ضوء تأويلات ابن رشد Averroès . وتظللت الرشدية بعد الحكم عليها سنة 1270 ، بنظرية « الحقيقة المزدوجة » التي تفصل جذرياً الفلسفة عن « الوحي » . واستخدمت على الأقل لتمدد لأرسطية دقيقة نوعاً ما ، رغم ما فيها من الميل نحو التجسيد ، حتى القرن السابع عشر بواسطة بومبونازي Pomponazzi ومدرسة بادو Padoue . وتشهد أعمال فرنل Fernel وسيزالينو Cesalpino ، وفابريكيو داكوابندني Fabricio d'Acquapendente ، فيما يتعلق بالفيزيولوجيا البشرية والحيوانية والنباتية ، بهذا التأثير الدائم للعقلانية الأرسطية على مدى القرن السادس عشر ولكن رفض العلم الحديث من قبل سيزار كريمونيني Cesare Cremonini وهو آخر ممثل لمدرسة بادو Padoue ، والمتوفى سنة 1631 ، والذي كان مع ذلك صديقاً لغاليلي Galilée ، هذا الرفض يدل على أن الأرسطية لم تزني إلى أي مكان .

وإذا كانت الرشدية قد استمرت ، فقد لاقت شجياً متكرراً وانتقاماً دائماً ، سرعان ما أصابا مجمل العقلانية الأرسطية . وقام أوكهام Ockham بنادي ، ضد المعرفة الشاملة والعقلانية التي تبادي بها الأرسطية ، بفكرة المعرفة الاستقرائية الحديثة والتجريبية للواقعة الفردية ذات الوجود الحقيقي

الوحيد ، وذلك منذ بداية القرن الرابع عشر . هذه المواقف ساعدت على نمو علم قائم على ملاحظة الأشياء لا على التحليل العقلي المسبق . كما كانت ترضي أيضاً الكثير من علماء الدين المدرسين الذين أخذتهم رؤية الإيمان المسيحي يصبح فريسة المناطقة المدرسين . ومنذ فجر القرن الرابع عشر فتح المعلم اكهارت Maître Eckhart سلسلة الصوفيين الكبيرة الذين سوف يتلون طيلة أربعة قرون ، في رينانيا والفيلندر وأسبانيا وفرنسا ، هذه السلسلة التي عادت الى القول بالاتحاد المباشر بين النفس والله ، وبذات الوقت بالمواضيع الكبرى التي تطرحها المسيحية المطعنة بالافلاطونية الحديثة . ويعتبر توماس كمبيس Thomas a Kempis ، مؤلف محتمل لكتاب « على درب يسوع المسيح » ، بوضوح عن احتقاره لخصوصيات المدارس . أما بيتاراك Pétrarque ، فلدون أن يرتفع الى هذه الדרך ، لعن الجدليين الاثنين من الشكلاي من جامعة باريس . وفرح بيتاراك Pétrarque بملاقاة القديس اوغسطين Augustin ك معلم بلوغ وكمرشد روحي . فمن أجل الخلاص ، المهم وحده ، بدلاً من أن يكون المرء واقعياً أو اسهانياً (حروفياً) ، عليه أن يكون قارئاً ولأبناءه وللإنجيل وأيضاً لشيشرون أو سينيكا Cicéron ou Sénèque . فمن كوليشو سالوتاتي Coluccio Salutati (ت 1406) حتى مارسيل فيسين Marsile Ficin (ولد سنة 1433) ، سادت الرغبة في حياة حكيمة ومسيحية بعيدة عن النزاعات البربرية عند المدرسين ، ومؤدية الى الأخلاقيين ولحكاء المصور القديمة . ولكن هذا الأسر طرح مسائل أخرى لأن فيرجيل أو شيشرون Virgile ، Cicéron لم يكونا مسيحيين أكثر من « ارسطو » .

والشيء الواضح وراء كل هذا التطور هو التقدم في مجال الرؤية الفردانية في العالم . وأخذ شعور الإنسان يتناقص من جهة عضويته اللازمة بالجماعة ، في حين أخذ شعوره يزداد بفرديته تجاه الله وتجاه الطبيعة . وفي سنة 1336 حدد البابا بينوا Benoit الثاني عشر الحساب الخاص المكتوب على كل نفس أن تواجهه بمفردها عند الموت . وقد ظل مجمع فلورنسا حتى سنة 1438 يناقش هذا الأمر أيضاً . وأصبح الخلاص الشخصي هو الهم الشاغل عند الانسان المؤمن .

وأصبحت التجربة الشخصية للإيمان ، وحتى الوجد الصوفي ، والتأمل الذاتي للنصوص ، أكثر أهمية من سلطان العقل الطبيعي في مواجهة سر التثليث . وما هو حق في الحياة الدينية أصبح صالحاً في الحياة المدنية . ولم يعد التفكير التجريدي حول الأنواع والأجناس له وزن كبير أمام التجربة المباشرة والفردية للأشياء ؛ « يجب أن نعيش الحياة والعالم كما يجب أن نعيش إيماننا » . وحاولت العقلانية التجريدية ان تجمع الأفكار في حقيقة شاملة كونية ، وميزت الفردانية التجربة الذاتية ، والالهام المباشر وغير القابل للإعلان عنه ، واللقاء المباشر مع الواقع المحدد . وسرعان ما تم تفضيل الإحساس والعمل على المعرفة العقلانية ، وتوسع الفرد على البحث الجماعي عن الحقيقة ، وسوف تزدهر هذه الفردانية الكامنة في الفكر النهضوي تدعمها الظروف التاريخية والاقتصادية والسياسية .

عزلة العلماء : ربما يبدو لنا علماء عصر النهضة الكبار ، بفضل معرفتنا لهم أكثر من معرفة زملائهم بهم ، شخصيات أقوى وأكثر حساسية ، لدرجة الملاحظة أحياناً . لا شك أن علماء القرون الوسطى لم يكونوا معتكفين في جامعاتهم

أو في أثيرهم ، اذ كان فيهم بعض الجوالين المشهورين . ان امثال كورنييلوس أغريبا Cornelius Agrippa وجيوردانو برونو Giordano Bruno ، مبروراً بفزال Vésale وبارسيلي Paracelse أو كاردان Cardan وغيرهم الكثير كانوا علماء جوالين ، لا يستطيعون الاستقرار ، ولا الثبات، يجتفرون كل شيء ، ومستعدّين لمخاطبة ملك أو مدينة أو كلية أو أمير اسقف ، كما كانوا دائماً متحفزين للذهاب اينما كان . وانتهى الأمر بالثابتن المستقرين الى الخضوع للإكراه أو للإغراء : ان تيكوبراهي Tycho Brahe انتقل من بلاط ملك الدانمرك الى بلاط الأمبراطور ، اما ليونارد دافنشي Leonard de Vinci فقد جاء ليموت في امبواز . ولكن العالم وان لاذ في وطنه ، كما فعل كوبرنيك Copernic ، لكي يعيش فيه عيشة مغمورة ، فان عالم عصر النهضة كان رجلاً وحيداً ، قد يكون له حمة ومحبون وتلامذة ايضاً ، ولكنه لا ينتمي الى طائفة لا سياسية ولا فكرية . انه لا يشكل مدرسة ، ونظراؤه في اغلب الأحيان هم منافسون أو خصوم . ان عدم استقرار حياته يتلاءم مع هجومية فكره الذي يرى في المناظرة الأسلوب الطبيعي للمحديث ، والشئمة هي الحجة العفوية الأكثر بدهاة ، ولكن الهجومية فيه هي دليل عزله ، أكثر مما هي سمة اخلاقية طبيعية عنده .

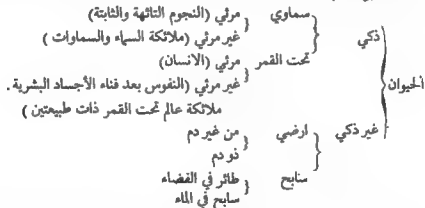
ولكن العلوم قلما اتكلت على انحياز أكثر ملاءمة او على حمة أكثر حماساً . فقد تكاثرت عبر أوروبا المراكز المنفتحة على الحياة الفكرية الجديدة . واجب الملوك أن يجيئوا انفسهم بالعلماء والموسوعين ، ومولوا طباعة الكتب الفخمة ، وأمرؤا بصنع الأدوات وبتجميع المكتبات . وكانت الجامعات تفتح في أغلب الأحيان أبوابها للعلوم الجديدة وللأساليب الجديدة ، وأنشأت كراسي ومناير ، ومجموعات التاريخ الطبيعي وجنائن للدراسة النباتية . ومكنت المطبعة جمهوراً أكبر من التنقيب بالثقافة العلمية . ان عالم القرن السادس عشر لم يكن يحق له الشكوى من التجاهل ومن الاحتقار .

ولكن مغامرة المعرفة هي ، أكثر من أي شيء ، مغامرة منفردة كمغامرة الخلاص ، والانسان ينغمس فيها بكلية . ويرى باراسلس Paracelse وقان هلمونت Van Helmont انها مغامرة واحدة ذاتية ، وان معرفة العالم لا تتم بدون صفاء القلب . ولكن غالبية العلماء ، وان لم يصلوا الى هذا الحد ، ينتهجون طريقهم الخاص . فقد وضع ليونارد Léonard ملاحظاته في دفاتر سرية وحماها بكتابة معكوسة . ورفض تارتاليا Tartaglia الإفصاح ، أمام كاردان Cardan ، عن اسلوبه في حل معادلة من الدرجة الثالثة . وقام فيزال Vésale وحده وحتى النهاية بمشروع « لافابريكا La Fabrica » الضخم . والى فرنيل Fernel علي نفسه ان يحقق وحيداً استخلاص طب عصره . اما تيكو براهي Tycho Brahe فانكر ان يكون مديناً بشيء لكوبرنيك Copernic ، وأما جاليليه Galilée ، فأراد أن يتجاهل كيبلر Kepler الذي اضطر الى انتظار وفاة تيكوبراهي Tycho Brahe للحصول على المعلومات التي كان يطلبها منه . ولا يفسر الحسد والغرور وحب الكتمان كل شيء في تصرفات العلماء . المهم في الأمر أن العالم في القرن السادس عشر لم يكن أمامه ، ولم يكن يريد أن يكون أمامه ، إلا الطبيعة ، وإلا الكمية الضخمة من الوقائع ، على تنوعها الكثير . وقد رفض أن يعترف لأي شخص آخر ، بأن يفسرها مكانه : وقد اعتقد أن لا أحد قبله قد فسر ها على حقيقتها . ولم ينطلق أبداً عما

تم الإجماع على صحته ، كي يتقدم بالعلم ، إذ لا شيء - باستثناء بعض المجالات النادرة - قد تم الإجماع على قبوله . إليه وحده يعود أمر بناء العماراة الكاملة للمعرفة ، مباشرة ، انطلاقاً من مجمل الأحداث . انه الوحيد المسؤول الكامل عن كل شيء ومن يجابه في أمر تفصيلي يحطم كل عمله ويصبح عدوه .

ولم تؤثر كتلة العلم القديم في قناعته . أولاً لأنه لم يطلب من القدماء ، في أغلب الأحيان ، إلا تقديم الوقائع . ويعتبر بلين Pline ، يدعمه عند الضرورة البير الكبير Albert le Grand أو فانسان بوفي Vincent de Beauvais مرجعاً لا ينضب بهذا الشأن . فالحدث المقروء في كتاب له نفس القيمة التي للحدث المراقب على الطبيعة . والرأي المقروء في كتاب ، يصبح هو أيضاً واقعة ، ويكون من الشرعي استخراجه من اطاره واستعماله بحرية تامة . ويتيح الفن الخاص ، فن المذكرات - القائم في الواقع على القيمة المطلقة المعطاة للكلمة - الاستشهاد بمؤلف مع اهمال فكره ، لبناء « علم مسيحي » مثلاً مبني على « التوافق الكامل » بين أبقراط Hippocrate وغالين⁽¹⁾ أو أفلاطون Platon وأرسطو Aristote أو موسى Moïse وهرمز ترسيميجيست Hermes Trismégiste . وأخيراً فلما اعتبر الفكر الأرسطي كعقيدة أكثر مما هو التعبير الأكثر قرباً من الطبيعة عن الحقيقة لأنه كان في ذلك الحين يتحكم في رؤية العالم ، الى درجة أن أولئك الذين يتكبرون مثل باراسلس Paracelse لمنطق « ارسطو » ، لم يتوصلوا الى نقادي العالم الأرسطي تماماً . أن عالم القرن السادس عشر في اللحظة التي بنوه فيها تحت ثقل الأفكار المجلوبة ، والمصنفة بحماسة ، هذا العالم كان مقتنعاً أنه يواجه الطبيعة بحرية وبقوة عبقرية فقط .

علم اجمالي شامل : الطبيعة بكليتها ، إذ لا علم بدون الكلية . ان كل جزء من الكون ينتجواب مع الأجزاء الأخرى ، وكل حدث طبيعي يستثير السبب الأول . عندما قدم جان بودان Jean Bodin تصنيفاً للحيوانات بدأ هكذا :



والميل ، الغاليلاني ربما ، الى التقسيم المسرف كما يبدو عند فرنل Fernel أو فابريكيو داكوا بندني Fabricio D'Acquapendente يتناول دائماً مادة منسجمة

(1) غالين أو غالينوس .

وفكرة الانسان الكون الصغير ، المتصل مع كَلْيَةِ الكون تعبّر عن ذات القنناعة . ولا يوجد فرق ، أو على الأقل مسافة لا يمكن تجاوزها بين الطبيعة وفوق الطبيعة . ان الله لم يكن خارج الكون : إنه يقذف فيه باستمرار قوى عظمى بواسطة الكواكب . ولم يكن علم النجوم يوماً يمثل هذه المشروعية ولا بقلر هذه الممارسة . وليس من المستحيل ان يكون هذا الشعور العميق بوحدة الخلق قد ساعد على بطلان التمييز الأرضي بين عالم السماء وعالم ما تحت القمر ، بطلان كان تعدّر بدونه وجود الثورة الفلكية . في نظر كوبرنيك Copernic ، بدون شك ، وبالتأكيد في نظر كبلر Kepler ان الحاجة الى وضع الله في وسط الخلق هي التي حملت على وضع الشمس ، هذه الصورة الإلهية ، في وسط الكون . والعلم يجب أن يكون شمولياً ، لأن كل شيء قائم في الخلق ، ويجب أن يكون عملاً فردياً ، لأن عليه (عل العلم) أن يكشف « مفتاح » الخلق . مما يعني ان العلم ، كما نفهمه ، لا وجود له . ولا توجد كلمة للتدليل على هذا العلم في خصوصيته التي نهدها بها . ان التاريخ والتولوجيا والفيلولوجيا هي عناصر في العلم الكوني .

والعلم ان لم يكن كونياً فهو يسعى لأن يكون موسوعياً . كلنا نعرف البرنامج الذي أعده غارغانتوا Gargantua لابنه بانتاغرويل Pantagruel . ولا تتجاوز ببلوتيكا يونيفرس ساليس Bib-liothéca universalis التي وضعها غيسنر Gesner وكتب الدروفاندي Aldrovandi طموحات العلم . ويجب أن يقال كل شيء عن كل شيء ، وكل شيء موضوع على بساط البحث ، إذ كل شيء له منفعة وكل شيء يرضي فضول العلماء الموسوعيين الساعين وراء الأحداث . إن التحليل بالمائلة الذي يستعمله باراسلس Paracelse باستمرار يمارس عمله براحة تامة في عالم حيث كل شيء قابل للمقارنة رغم أن كل شيء وكل كائن له ذاتيته وله فرديته . عالم يكون فيه المنطق غير مفيد والعقل مضراً ، لأن العلم ، لكونه يميز ويفصل الانسان عن الطبيعة ، فهو يخلق مسافة بين العالم وموضوعه ويمنع الإلهام والأنسجام للذين يدعان المعرفة وحدهما . الهام شامل للكون والهام مباشر بالموضوع هما الوسيلة والمهدف من هذا العلم المغاير للثقافة وبالضرورة الفردي وغير القابل للإشياء لأن «الأصغياء» وحدهم يقترون عليه..

وعلم النهضة في عنوانه النقي تولد عن ثورة ضد الحركة الفكرية الأرسطية . فقد غزا العصور القديمة ليفتح عن شيء يصحح به «أرسطو» أو يعارضه : أن بطليموس Ptolémée ، للأرسطي ، لم يعرف تماماً الا عندما قام كوبرنيك Copernic بدحض أرائه ، باسم الفلكيين الفيثاغوريين . وقد اغتنى علم عصر النهضة بصورة خاصة من فيثاغور Pythagore ومن افلاطون Platon ومن الأفلأطونية الجديدة ، ومن الغنوصية ومن القبالة [التصوف اليهودي] ، وجميعهم قد اعتمد طبع كتبهم وترجموا منذ النصف الثاني من القرن الخامس عشر ودرسوا باستمرار : من مارسيل فيسان Marsile Ficin حتى جان بودان Jean Bodin . ولكن هذه الثورة ضد أرسطو قد نمت في مجتمع تعلم كيف يفكر وفقاً « لأرسطو » ويعيش في عالم أرسطو . وإذا كانت الأرسطية قد تعرضت لهجمات بعض

المجددين فانها قد تقوضت من الداخل ببطء . وانه لمنظر عجيب منظر هؤلاء العلماء الأرسطويين الذين اعتقدوا بأنهم ما يزالون مخلصين لمعلمهم ، وانهم يتكلمون لخته في حين انهم يهدمون بصورة تدريجية تماسك فكر لم يعودوا يفهمونه .

وقلما فقد علم عصر النهضة الاهتمام بما هو نافع ، أي الاهتمام بالعمل حتى في أعلى تأملاته الصوفية . وهو بهذا أيضاً أمين للثورة المعادية للفكر والتي كانت سبب وجوده . وقد استخدم تعدد المخلوقات الذي قام به علماء الطبيعة من أجل تشكيل مجموعة طيبة شاملة . أما الإستقراء العميق الذي أوصى به باراسلس Paracelse فقد كشف عن الفضيلة الطيبة في الكائنات ، وأراد الخيميائي أن يمد في مختبره العمليات الطبيعية الغامضة ، في الوقت الذي كان يؤكد فيه ان هذه العمليات مستحصية على العقل . وقد ساعد حب للموس على نبذ نظام «بطليموس» أما حب العمل المباشر فقد كان هو الموجه لنشاطات كل المهندسين العمليين الذين كانوا يتمون قليلا بارسطو ، ويتمون كثيراً بالميكانيك المفيد لهم . وظل ليونارد دافنشي Leonard de Vinci أشهر هؤلاء المهندسين ، ولكن ربما كان من الأهم ان نشير ان اثنين على الأقل من الرياضيين الكبار في القرن السادس عشر ، وهما بومبالي Bombelli وستيفن Stevin خرجا من صفوف هؤلاء المهندسين . وهنا ، وربما في هذا المجال فقط ، استخدم المحدثون العلم القديم كأساس وكنقطة انطلاق : فقد وجد إقليدس Euc- lide وديوفانت Diophante وخاصة أرخميدس Archimède ، خلفاءهم الحقيقيين في القرن السادس عشر .

ولكن كان من السابق لأوانه يومتد أن تستطيع الرياضيات أحلال عقلانية جديدة على عقلانية أرسطو . في حين أن المظاهر الصوفية لعلم القرن السادس عشر أدت الى رؤية للطبيعة غير عقلانية . أما مبله الى الملاحظة غير العقلانية ، وإلى الحدث الملموس وإلى التطبيق العملي فقد ضايق الجهد التجريدي اللازم لكل علم . ومواقف راموس Ramus خير دليل أولي على هذا . وأخيراً بدأ عصر النهضة ، بعد أن ساعد جداً في تدمير النظام القديم وفي اغناء العلم بجملة من المعارف التفصيلية ، عاجزاً عن إيجاد نظام جديد ، وجرّ أوروبا إلى أزمة من أخطر أزمتها الفكرية في حياتها

إن البقية الباقية والمتبنة يومتد هي الرسالة القديمة عن العلم الفيثاغوري التي أعطاها غاليلي Galilée معنى جديداً : ان الطبيعة قد كتبت بلغة الرياضيات .

الكتاب الأول :

العلوم الحقة أو المحضة

تنقسم معالجتنا للعلوم الحقة في عصر النهضة الى ثلاثة أقسام : الرياضيات ، علم الفلك ، علم الفيزياء أو الميكانيك ، الذي لا يمكن أن يصنف في تلك الحقة بين العلوم الحقة الا استباقاً .

وهذا التقسيم مصطنع حتى : فعلم الفلك مرتبط ، بكل تأكيد بالرياضيات - وبالفيزياء أيضاً والأسماء نفسها تبرز في أغلب الأحيان في أكثر من فقرة إلا أن هذا التقسيم كان مناسباً عدا عن أنه يمكننا من اكتشاف نوع من التسلسل ، ونوع من المنطق الداخلي في تفاعلية تاريخية تبدو وكأنها غير محفوزة ان لم نتناولها بهذا التقسيم .

وبالفعل ان تأثير العوامل الخارجية الذي يشير اليه المؤرخون أحياناً هو تأثير وهمي خالص . هكذا فإن ظهور المدفع لم يتسبب بولادة علم الديناميك الجديد : بل بالعكس أن تجربة المصنعين هي الصخرة التي تكسر عندها جهد ليونارد دافنشي Leonard de Vinci وتارتاغليا Tartaglia ويندتي Benedetti . والاحتياج الى الملاحة والحساب الكهسوتي وعلم النجوم كان يمكن ، بل كان من الواجب ، أن يحفز لبذل جهود تصحيحية في الجداول الفلكية - وهو أمر لم يحصل - وهذا الاحتياج لم يدفع كوبرنيك Copernic إلى قلب نظام الدوائر الفلكية وإلى وضع الشمس في مركز الكون . ومقتضيات التجارة ، واتساع المبادلات والعلاقات المصرفية عملت بكل تأكيد على نشر المعارف الرياضية الأولية وكذلك على نشر المحاسبة . ولكنها لا يمكن أن تفسر التقدم العظيم الذي أحرزه علماء الجبر الايطاليين في النصف الأول من القرن السادس عشر ، ولا الجهد المبذول من أجل « ترميز » العمليات الحسابية والجبرية التي قام بها بصير «كوسيتو» (Cossistes) البلدان التي تتكلم الألمانية .

وبالمقابل تبدو الحلقات الثلاث من الأحداث المكونة لتطور الرياضيات وعلم الفلك والفيزياء - إذا نظر إليها بمفردها - وكأنها مفهومة ، وإن لم تبد مشروحة ومفسرة - إذ من العبث محاولة تفسير الإختراع أو الإكتشاف . ان تاريخ الفكر العلمي لا يرضى بأقل من هذا ولا يطلب أكثر من هذا .

الفصل الأول : الرياضيات

١ - يقظة الدراسات الرياضية

في مجال الرياضيات ، أكمل النصف الثاني من القرن الخامس عشر الحركة التي كانت تملاً النصف الأول - وهي حركة استيعاب كاملة للعلم الوسيط والعربي من قبل علماء ذلك العصر . وقد اقترنت هذه الحركة بالعودة الى المصادر الاغريقية ، ثم بانتشار هذا العلم الرياضي ، بشكل متزايد في طبقات من الجماهير كانت تنعم أكثر فأكثر .

وقد ساعدت بعض الأحداث على تسريع هذه الحركة : منها سقوط القسطنطينية ، الذي قذف الى ايطاليا بجمهور من العلماء وبكميات من المخطوطات البيزنطية ، واختراع الكتاب الذي أدى الى انتشار النصوص بشكل واسع . لا شك أن الكتب الأولى المطبوعة كانت قليلة الاهتمام بالرياضيات ، والكثير من المؤلفات الموضوعة في منتصف القرن الخامس عشر مثل غالبية كتب نقولا دي كوي - Nico las de Cues ، ويورباخ Peurbach ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus ، لم يطبع الا بعد ذلك بكثير . بل أن بعض الكتب لم تطبع على الاطلاق مثل كتب شوكيه Chuquet وكتب بيرو فرنسيسكا Piero della Francesca ، وعلى كل ظهر سفر (سفارا) جون ساكرو بوسكو - Jean de Sacro-bosco ، Sphaera في فراي سنة 1472 ، وتبعه من قرب ، كتاب يورباخ Peurbach المسمى « النظرية الجديدة في الكوكب » (تيوريكا نوفا بلانتاروم) Theoriae Novae Planetarum (نورمبرغ) Nuremberg 1472 . لا شك أن للمربعات «الكوادي بارتيتم» Quadripartitum التنجيمية التي وضعها بطليموس Ptolémée ظهرت سنة 1484 و1493 (في البندقية) أما المجسطي Almageste فلم يُعَد طبعه الا سنة 1515 باللاتينية (في البندقية) ، وفي سنة 1538 باليونانية (في بال) . ولكن «عناصر» (اقليدس Euclide ، بخط كامبانوس Campanus) طبع سنة 1482 في البندقية من قبل ارهارد راتدولت Erhard Radolt . وهكذا لم ينتس الرياضيسون الوسيطون . واذا كان ليونارد دي بيز Leonard de Pise قد ظل بدون ان تنشر كتبه حتى القرن التاسع عشر ، وليفي بن جرسون Levi ben Gerson حتى أيامنا هذه فان بعض كتب برادواردين Bradwardine وكتب جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius وحتى كتب نيقول أور سم

Nicole Oresme قد طبعت (من ذلك حساب جوردان Jordanus سنة 1496 و 1503 ، الخ وكتب برادواردين Bradwardine سنة 1495 الخ . والجيوماتيريا النظرية لهذا الأخير طبعت سنة 1495 . أما « لاتيتودين فورماروم Latitudine Formarum » لاورسم Oresme فطبعت سنة 1482 و 1486) وهناك كتب حديثة ظهرت أيضاً . وفي سنة 1478 ظهر في ترفيز كتاب « حساب » لمجهول تبعته سلسلة من الكتب الأخرى الإيطالية أو الألمانية .

هذه المؤلفات العملية جداً في البداية ، والتي أتمت التعليم الشفوي للأباء الطليان وللمعلمين الألمان أخذت تتكامل بالتدرج : فبعد مضي 15 سنة على « موجز » ترفيز Trévisه ظهر مجمع (سوما Summa) لوكا باسيولي Luca Pacioli في البندقية سنة 1494 . وهو حقاً « جامع » لكل المعارف الرياضية في عصره .

نقولاً دي كوي Nicolas de Cues وتأثيره : لقد أثر نيقولا دي كوي (1401 - 1464) تأثيراً أكيداً على ليونارد دافنشي Léonard de Vinci وعلى جيوردانو برونو Giordano Bruno وعلى كوبرنيك Copernic وكبلر Kepler ، رغم شهرته كفيلسوف لا كعالم ورغم أنه لم يكتشف أية حقيقة علمية ؛ وذلك بفضل تأكيده على القيمة المطلقة لمبدأ الاستمرارية وبماهاته الجازمة بين الدائرة ومتعدد الأضلاع ذي العدد اللانتهائي من الجهات . وهاتان النظريتان كانتا أساس مبدأ « قياس الاحجام » (Stéréometrie) الذي وضعه كبلر Kepler ، نقطة انطلاق هندسة اللامقسومات في القرن السابع عشر .

إن مبحث العلوم عند « نيقولا دي كوي » محكوم بمفهوم البنية الجدلية السائدة في فكرنا العقلاني القائل بالمتنهي والنسبي، وحيث المعارضة والتضاد هما القانون الأسمى ، والمحكوم بالمصادقة ، الجدلية أيضاً ، في هذه المعارضات والتضادات داخل « المطلق واللامتنهي » ، مصادفة توصل عقلنا الى فهمها بفضل عمل إيجائي فكري أسماه ن دي كوي N.De Cues « العلم الجهالة » دوكتا اينيورنسا « Docte ignorance » .

كل فكرة تقوم على مقارنة ووضع علاقات معينة . والعلاقات تجد أفضل تعبير عنها في العدد . والعدد يعبر بصورة أساسية عن التعارض بين الصغير والكبير . كما أن العدد يدخل في نطاق المتنهي . لا شك أنه بالإمكان الذهاب من الكبير الى الأكبر ومن الصغير الى الأصغر ولكن في هذه التصاعدية غير المحدودة لا تتخل اطلاقاً عن مجال المحدودية ، فلا نصل أبداً لا الى الذروة ، أي الى عدد ليس هناك أكبر منه ولا الى الأدنى أي الى قيمة لا يوجد بعدها قيمة أصغر . ولبلوغ « الأقصى » أو الأدنى يجب تجاوز السلسلة غير المحدودة للكبير والصغير . وهكذا ندرك أن الأقصى في الضبخامة والأدنى في الصغير يتطابقان في فكرة اللا محدود .

وتطابق التقيضين في اللانهائي يتم أيضاً في مجال الجيومتريا حيث لا شيء يتناقض الا المستقيم والمنحني هذا اذا لم يكن التناقض بين المستقيم والخط المنكسر . ومع ذلك فان هذا التناقض لا يصلح

إلا في مجال النهائي . وهكذا يتناقض انحناء الدائرة كلما تزايد شعاعها ويتزايد الانحناء إذا تناقص الشعاع ، ولكن الانحناء لا يصل إلى أدنى مداه ولا إلى أقصاه . ولكنه يتلاشى في اللانهاية . من هذه الاعتبارات التي هي وراء الرياضيات استنتج « نقولا دي كوي » استنتاجات مهمة . فقد حاول وهو يؤكد أن الرياضيات وحدها تتيح للفكر البشري الوصول إلى اليقين ، وهي تشكل أساس الفيزياء . رغم أن حقيقة الفيزياء لا تنصاع تماماً للرياضيات . فقد حاول أن يطبق معتقداته على مسائل محددة في العلم .

وليس لأعمال « نقولا دي كوي » الرياضية قيمة كبيرة ، مهما دلت على عبقرية . ذلك أنه قام بمشروع مستحيل هو « تربيع الدائرة » ، وإن حوله تؤدي إلى تشبهات أو مقاربات غير مكتملة ، وهذا ما لم يقصر « ريجيو مونتانيوس Regiomontanus » في الإشارة إليه ، ونشر إلى أنه في « الرياضيات الكاملة » Mathematica Perfectione (1458) أورد التقريب الممتاز (بالمفهوم الحديث :

$$\varphi = 3 \sin \varphi / (2 + \cos \varphi)$$

يعرف « نقولا دي كوي » أن الخط لا يمكن أن يقسم أو يميز إلى نقط . بل بالعكس أن لا تجزئية الخط تقسم على عدم إمكانية تقسيمه إلا إلى خطوط ، حاله في ذلك كحال السطح (المساحة) الذي لا يقسم إلا إلى سطوح ، أحوال الجسم (الحجم) لا يقسم إلا إلى أجسام . لا انقساميات ليست ، بأي شكل كان ، إلا انعكاسات للانقسامية المطلقة للنقطة التي تتضمن وتلخص بذاتها كل الانقساميات الأخرى ويعرف « نقولا دي كوي » أيضاً أن متعددات الأضلاع الداخلة في الدائرة أو المخيطة بها ، رغم أنها ، بعد تكاثر أضلاعها ، تتقارب من بعضها البعض . ومن الدائرة التي هي حدها المشترك ، فهي لا تتطابق فيها بينها ولا مع الدائرة .

ويتيح مبدأ تطابق الأقصى والأدنى لـ « كوي » أن يؤكد أن مثل هذا التطابق يجب أن يحصل بين المثلث (الحد الأدنى من عدد الأضلاع) وبين الدائرة (الحد الأقصى المطلق لعدد الأضلاع) .

هذه التأملات حملت « نقولا دي كوي » على التأكيد على مبدأ الاستمرارية - الذي أعلنه كامبانوس Campanus سابقاً - وعوجبه أن المقدار المستمر المتحرك بين الأقل والأكثر من مقدار معين ، يجب أن يساوي ، في لحظة معينة ، هذا المقدار المعين . ومبدأ تحليلاته يبقى هو هو دائماً : التوافق ، المفهوم بالحدس الذهني (الرؤيا الفكرية) بين الأقصى والأدنى في مجال اللامتناهي والتطبيق الأكيد لمبدأ الاستمرارية . إن العلاقة الصالحة بالنسبة للأقصى والأدنى تصلح أيضاً بالنسبة للقيم الوسيطة

التجديد عند يورباخ Peurbach : يقترن التجديد في الدراسات الفلكية والرياضية في أوروبا باسم ويعمل جورج فون يورباخ Georg Von Peurbach (1423-1461) . إذ معه بلغت الحركة الانسانية علم الفلك وأعلن - دون أن ينكر التراث العربي بل بالعكس - بوجوب العودة إلى ينباع الأصلية أي إلى الأفريق ، في مجال علم النجوم .

ولد « يورباخ » في ضواحي لينز ودرس في جامعة فيننا ثم ذهب إلى إيطاليا حيث تعرف على

« نقولا دي كوي » وعمل الرياضي والفلكي بيانشيني Bianchini ، ولما عاد الى فينا ، سنة 1454 اصبح فلك الملك لاديسلاس السادس Ladislas VI ملك هنغاريا . وفيما بعد ذلك بقليل ، علم الفلك والحساب والأدب الكلاسيكي في جامعة فينا . وعلم الألفوريتم وطبع ما علمه لأول مرة سنة 1492 ؛ وهذا الكتاب أعيد طبعه كثيراً بأسماء متنوعة ، وذاع واشتهر في القرن السادس عشر ككتاب حساب في الجامعات حيث حل محل كتاب « الألفوريتم » الذي وضعه ساكروبيوسكو Sacrobosco . والواقع أن كتاب بورباخ قلماً يبدو أفضل من كتاب « ساكروبيوسكو » : فهو يقدم قواعد بدون تبين ، وتشميع السرائر كان يعتبر التبسيط Médiation والتكثير كعملتين منفصلتين . فضلاً عن أنه لا يعالج إلا عمليات متعلقة بالأعداد الصحيحة . ونذكر أن « الألفوريتم » هو الحساب بالكتابة (بالريشة) ، وبأرقام عربية ، بدلاً من الحساب بواسطة الرميات (Jetons) (« على الخط ») ، المأخوذ عن العدادة (أو المعداد) المرتبط باستعمال الأحرف الرومانية ، والذي ظل سائداً حتى القرن السابع عشر ، كاسلوب في الحساب شائع لدى العدادين (التجار والصرافين الخ) . وكانت السلطات العامة بصورة خاصة تجبذ استعمال الأرقام الرومانية في السجلات الرسمية - لأن الأرقام العربية يسهل ، بحسب رأيهم ، تزويرها . ولهذا ظل الحساب وفقاً للطريقة القديمة يعلم على يد « العدادين » و « معلمي الحساب » ولم يخل المكان أمام الألفوريتم إلا متأخراً وعلى مهل . وظل يعلم في غالبية الحسابات العملية في القرن السابع عشر . وظل استعمال العدادة حتى أيامنا سواء في الشرق أم في روسيا .

والأهم من « الألفوريتموس Algorithmus » هو « التراكاتوس Tractatus » وهو أحد أوائل الكتب التريفونومترية التي كتبت في أوروبا ، وإليه أضاف بورباخ Peurbach جدول جيوب « سينوس Sinus » ذا دقة لم تعهد من قبل ، في ذلك الزمن .

والجيوب (Sinus) اختراع هندي ، استعملت لتحل محل الأوتار (Cordes) التي كان الأغريق يستعملونها . وإذا كانت ترجمة الكتب العربية قد جعلت هذه الفكرة مفهومة من العلماء الأوروبيين ، فقد كان ينقصها جداول واضحة بما فيه الكفاية . وأراد بورباخ أن يتلافى هذا النقص . واستند الى المناهج العربية وخاصة الى مناهج الزركلي (Arzachel) فوضع جدولاً بجيوب الزوايا (أقواس) مرتبة من 10° إلى 10° ومن صفر حتى 90° . وفي حسابه ، الذي وضعت نتائجه بشكل كسور عشرية (لاسداسية) ، اعتمد « بورباخ » 60 000 (6×10^4) كميّاس للشعاع (أو نصف القطر : سينوس توتوس) بدلاً من 60 وهو الرقم الذي اعتمد به بطليموس Ptolémée من أجل حساب الخطوط (الأوتار) في المجسطي .

ولم تنشر جداول بورباخ . وقرر « رجيومونتانوس Regiomontanus » أن يستبدلها بأخرى ، أكثر دقة ، حسبها بعد أن غير في الزوايا (الأقواس) بين درجة ودرجة ، متخذاً الشعاع مساوياً 6×10^4 ثم 6×10^4 (في جداول المماسات) - بل إن « رجيومونتانوس » استعمل حتى قياً كسرية ذات شعاع 10^4 و 10^5 فالجاء الطريق لإدخال الأعداد الكسرية العشرية . ووضعت وفاته المبكرة حداً

لمشاعره ، ولم ينشر « تراكتاتوس » بورباخ Le Tractatus de Peurbach مع جداول تلميذه الا في سنة 1541 من قبل ج. شونر J. Schöner . واخترع « بورباخ » أيضاً آلة رصد نجومية « المربع الهندسي » « كوادراتوم جيومتريكوم » Quadratum geometricum يرتكز مبدؤها على استعمال جداول السينوس .

مقدمات رجيومونتانوس (Regiomontanus) : ولد سنة 1436 قرب كونيغسبرغ (فرانكونيا السفلى) . واسمه الحقيقي جوهان مولر Johann Müller درس باكراً في جامعة ليبزيغ ثم في جامعة فينا حيث تتلمذ على بورباخ Peurbach . وقد عهد اليه هذا انهاء ترجمة بطليموس Ptolémée ، وكان قد شرع بها . ورحل رجيومونتانوس Regiomontanus الى ايطاليا . وعمل في بادئ الامر مع الكاردينال بيساريون Bessarion ومع جورج تريبيزوند Georges de Trébizonde ، ثم عمل مستقلاً ، ناسخاً مخطوطات يونانية منها « المجسطي » Almageste . ونجول في ايطاليا ، قائماً بارصاد نجومية ، وتحالف مع بيانشيني Bianchini ، وأيضاً مع الانسانيين غارينو Guarino وتيودور الغزاوي Théodore de Gaza . واكمل تصحيح نص افريقي للمجسطي Almageste كما اكمل كتابه « تريانغوليس أونيموديس Triangulis omnimodis » (في الهندية سنة 1464) . وبعد الاقامة في قيينا وفي اوفن حيث قدم له ملك هنغاريا ، ماثياس كورفن Mathias Corvin ، وظيفة حافظ كنوزه . وفي سنة 1471 أقام في نورمبرج ، حيث وضع تاجر غني بزهاردولتر Bernhard Walther في تصرفه مرصداً ، ومعملاً لصنع الأدوات ومطبعة لنشر كتبه الخاصة والمؤلفات العلمية الكلاسيكية . ولكن ، في سنة 1476 ، استدعاه البابا سيكست (Sixte) الرابع ليستشيريه حول اصلاح الروزنامة وعينه اسقفاً في راتيسبون . وبعد وفاته احتفظ ولتر Walther بمعظم كتبه ومخطوطاته ، ثم خلقه عليها الانساني الألماني ويلبالد بيركهيم Willibald Pirckheimer .

كان انتاج « رجيومونتانوس » العلمي غنياً جداً ، ولكنه اقل اصالة مما كان يعتقد . لقد كان رجيومونتانوس مطلعاً تماماً على كتب سابقه ، وبصورة خاصة على كتب عربية او يهودية لم تكتشف مجدداً الا في القرن 19 . وقد اخذ عنهم وخاصة عن ليفي بن جرسون البتاني Levi ben Gerson ، وAl - Battani ونصير الدين الطوسي Nāsir al - din al - Tūsī أشياء كثيرة ظن البعض انها منه ، ورغم ذلك لا ينكر عليه أنه كان الأول في اعتبار « علم المثلثات » كفصل مستقل من العلوم .

وتضمن برنامج الطبايع ، الذي احتوى العديد من المخطوطات المستملكة أو المستنسخة ، مع كتب بطليموس Ptolémée ، غالبية المؤلفات الرياضية والميكانيكية في العالم القديم ، والعديد من المؤلفات الوسيطة ، وكتب وأعمال بورباخ Peurbach « نظرية الكون الجديدة » Theoricae novae planetarum » (التي نشرها سنة 1472) و تراكتاتوس . . (Tractatus... Super proppsi- tiones Pto lemaei de Sinubus et Chordis) ثم أعماله الذاتية .

من بين هذه الأخيرة تمثل « خمسة كتب حول المثلثات » (نوفمبر 1533) المقام الأول بقيمتها الذاتية وبأثرها . وبهذا الشأن يعتبر كتاب نصير الدين الطوسي Nāsir al - din al - Tūsī : « كتاب

المربع الكامل» ونهاية (راجع المجلد الأول القسم الثالث، الفصل الثاني): أما كتاب «رجيومونتانوس» فيعلن عن انطلاقة جديدة رغم أنه مستلهم من الطوسي Al - Tusi والكتابان الأولان من كتاب المثلثات مخصصان للمثلثات ، أما الكتابان الآخران ، والقسم الأكبر من الكتاب الأخير فمخصصة للمثلثات الكروية . وبعد بحوث عامة يبدأ علم المثلثات بالمقترح X ثم يضع ، بالنسبة إلى كل المثلثات ، تناسب الأضلاع مع فرجة الزوايا المقابلة (Sinus) . وهذه القاعدة الأساسية الموجودة عند ليفي بن جرسون Levi ben Gerson ، تطبق في حل المسائل المحددة المطروحة على أساس معطيات عديدة تعالج بالحساب .

ويعالج الكتاب الثالث ومطلع الكتاب الرابع مادة الأكر عند مينلاوس Ménelaüs وعند تيودوز Théodose ويؤكد طرحان من طروجهما أن مجموع أضلاع المثلث الكروي أقل من دائرة كاملة وأن مجموع الزوايا يزيد عن زاويتين قائمتين .

ونسبة جيوب (Sinus) الأضلاع إلى جيوب الزوايا المقابلة ، تُبين فيما بعد ، في حالة المثلث الكروي القائم ، ثم تعمم هذه النسبة على كل المثلثات الكروية . وبواسطة أمثلة ، وحسابات شاقة بين «رجيومونتانوس» أن معرفة زوايا المثلث الكروي تتيح تحديد أضلاعه والعكس .

ويعود الكتاب الخامس إلى بعض القضايا بأساليب جديدة وخاصة استعمال التجويف المعاكس (Sinus versus) المحدد بالفرق بين التجويف الكلي والتجويف المكمل (وهو ما نطلق عليه اسم «جيب التام» (Cosinus) ، وهو مفهوم لم يصل إليه «رجيومونتانوس» : ويعود الفضل فيه إلى «ريتيكوس» (Rheticus 1551) إما كلمة Cosinus فقد أوحى بها ي . غنتر E.Gunter سنة 1620 . ومضمون الكتاب الخامس المذكور يعكس تأثير البتاني Al-Battāni .

ومن المحتمل أن يكون «رجيومونتانوس» قد أعد صياغة كتابه في ضوء المعارف الجديدة المكتسبة بعد سنة 1464 بعد قراءة البتاني Al - Battāni وخاصة معرفته للمماس (١) ، وقد وضع له جدول سنة 1464 ، إسمه الجدول «الخصب» نشر في أوغسبورغ سنة 1490 . وفي هذا الجدول يبدو الميل نحو علم التنجيم لا علم الفلك واضحاً . وقد أعاد رجيو مونتانوس Regiomontanus النظر فقط في الكتاب الأول من موسوعته وأعدّه للطباعة . ونشر أيضاً إلى كتابة «مدخل إلى عناصر

(١) إن فكرة المماس ، رغم استعمالها من قبل الفلكيين العرب ، لم تلتفت انتباه الغربيين . إنها لم تكن معروفة لهم : فمئذ القرن الثالث عشر استعملها روبر الانكليزي Robert L'Anglais بأصلها العربي «الظل» . وفي القرن الرابع عشر أشار إليها بن جرسون Levi ben Gerson في كتاب ترجم إلى اللاتينية سنة 1342 عنوانه : «سينيس كورديس اركيوبوس . . . (Sinubus, chordis, et arcubus, item instrumento revelatore secretorum)» وهذا الكتاب اعتبر أول كتاب في علم المثلثات مؤلف في الغرب . ولكن أهدأ لم يلفت إلى هذين المؤلفين . وكان رجيو مونتانوس Regiomontanus الأول الذي اعترف بفائدة هذه الفكرة . أما فكرة المماس فقد ظهرت لأول مرة سنة 1583 في كتاب «المنظمة الدائرية» للمؤلف توماس فيكي Thomas Fincke .

إقليدس ، « Introduction aux Eléments d'Euclide » وإلى رسائله العلمية الكثيرة .

الكتب الأولى : كان الربع الأخير من القرن الخامس عشر حقبة ناشطة أدبياً وطباعياً . والكتب التي صدرت عن مطابع فرنسا وإيطاليا وألمانيا كانت قليلة الأصالة ، ولم تصل إلى مرتبة مؤلفات عظماء الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع عشر أمثال جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius وليونارد دي بيزا Leonard de Pise ونيقول أورسم Nicole Oresme . إلا أن بعضها يدلنا على مستوى وعلى انتشار المعارف الرياضية وعلى الدور الذي لعبه اتحاد العلوم التطبيقية الرياضية مع الجبر ، من أجل تقدم هذا الأخير وقيامه بدور العلم المستقل . فضلاً عن ذلك تكشف لنا هذه المؤلفات عن جهد واسع لوضع مختصرات تعبر عن العمليات الحسابية والجبرية التي كان يعبر عنها . حتى ذلك الحين بواسطة الكلمات .

واعتبر كتاب « حساب تريفيز Trévis » سنة 1478 الأول من نوعه في الرياضيات التطبيقية . يقول الكاتب ، وهو غفل الاسم أنه كتبه بناء على طلب شبان يمتنون التجارة وأنه يتضمن قواعد مفيدة لكل أنواع الحسابات . ويوجز المؤلف العمليتين الحسابيتين الأوليين . في حين يتوسع في الضرب والقسمة ، وهي عمليات كان يستصعبها الناس في القرون الوسطى وفي عصر النهضة ، ويقدم عنها تقنيات متنوعة . من ذلك الضرب بواسطة العمود ، ويستخدم عندما يكون الضارب مؤلفاً من عدد واحد . ثم هناك الضرب المصالب . وهناك أسلوب ثالث يمكن أن يستخدم بخمسة أشكال متنوعة ، واحد منها فقط يتوافق مع أسلوبنا ، وهو الضرب عن طريق المربعات . أما القسمة فتتم بواسطة الأعمدة عندما يكون القاسم عدداً واحداً . أما إذا كان القاسم مؤلفاً من أكثر من عدد فتتم القسمة بما يسمى بقسمة السفينة وذلك بكتابة النتائج الجزئية فوق المقسوم ، ثم شطبها تباعاً في كل مرحلة ، وهي طريقة ما تزال مستمرة وقد اعتمدها الأقدمون وكذلك أهل الشرق الذين كانوا يكتبون على الرمل أو على الواح من شمع . (راجع المجلد الأول ، القسم الثالث ، الفصل الثاني) .

أما الميزان بواسطة الـ 9 فهو جزء متمم للعمليات . ثم تأتي القاعدة الثلاثية ، ثم حساب الخلاط (تحديد وزن المعادن الثمينة الداخلة في الخلاط) حساب عدد الذهب في جدول الحسابات الكنتسي . ومن بين المسائل المعالجة ، وبعضها يعود إلى العصور القديمة ، مسألة الملاحقة وهي مسألة الأرنب الملاحق من قبل كلب . وقد تعرض لهذه المسألة « الكوين » وكذلك مسألة تلاقي الساعين للتعجين نحو بعضها البعض .

وهذا الكتاب قد تبعته كتب أخرى من نفس النوع أشهرها كتاب بطرس برجي Pietro Borgi (البندقية 1484) .

ويتفق مع « حساب تريفيز Trévis » كتاب بعنوان « رشنبوك Rechenbuch » نشر في بنبرغ سنة 1482 ، نشره وغثر V. Wagner . وقد وصل إلينا منه بعض الأجزاء . وهناك أيضاً كتاب

« بامبرجر رشنوك » *Bamberger Rechenbuch* لكتاب مجهول ، نشر في ذات المدينة في السنة التالية . وفي هذا الكتاب يبدو الأثر الايطالي واضحاً . وهذا الكتاب الأخير اكمل وأكثر منهجية ويعلم العد والجمع والطرح والضرب وفقاً لخمس أساليب والقسمة وفقاً لعدة أساليب : قسمة الأعداد الصحيحة مع ميزان السبعة وقسمة الكسور ، ثم جمع التصاعد الحسابي والتصاعد الهندسي ثم القاعدة الثلاثية أو القاعدة الذهبية .

وخصص فصل فيه للحساب بواسطة الفيشات (dieguldenregel) . ومصدره ايطالي واضح من الاسم . ونجد فيه مسائل حول صرف العملة والمزج ، وقاعدة الشراكة . ووضعت جداول تدل مباشرة على هذه المسائل المتنوعة . أما كتاب جان ويدمان *Behende und hubsche Rechenung* 1489. *auf allen Kauffmannschafft, Leipzig* ، نشر في لينز سنة 1489 ، فهو اكمل من « الرشنوك » *Rechenbuch* ، وإن أخذ عنه الكثير ، ومستواه أعلى وأكمل . وهذا الكتاب يعلن عن تلاحم الحساب والجبر . ويعتبر كتاب لوقا باسيولي *Luca Pacioli* واسمه « *Summa* » خير مثال على ذلك

وجوهرة فائدة هذا الكتاب يكمن في استعمال العلامتين + و - وهما لا تدلان لا على عمليات الجمع والطرح ولا على اعداد ايجابية او سلبية ، بل تدلان على النقص والزيادة او العلاوة والחסم : ثلاث اكيال (-) اثنتان 2 ؛ 3 ماركات (+) 3 دواقي . وتماشياً مع استعمال دائم للرياضيين الوسيطيين والشرقين تصنف المسائل وقواعد حلوها ، رغم تقاربها في النوع ، كل حالة على حدة ويعطى لكل منها اسم خاص والاستعانة بالجبر (كوس)⁽¹⁾ يظهر في معالجة مسائل تتعلق بالفائدة البسيطة والمركبة وبالمسائل التي تقتضي افتراضاً خاطئاً ومزدوجاً . ولم يستعمل ويدمان *Widmann* الفاظ الجبر اللاتيني ولم يكتب صيغاً بل أعلن عن قواعد تدخل في جملة المعلومات الجبرية . أما مستوى المعرفة الرياضية السائد يومئذ فمعروض في مخطوط موجود في مكتبة ميونخ (1461) وفي مخطوط آخر في مكتبة درسدن . المخطوط الأول يتضمن معالجات بقلم أورسم *Oresme* ، وبراوداردن *Bradwardine* ، ونيقولا كوي *Nicolas de Cues* ، حول الهندسة العملية ، وطريقة في الحساب بواسطة الكسور ، وحساباً جبرانياً لاتينياً ، يبدأ على نمط حساب بويس *Boèce* ، بتحليلات حول الأعداد المزدوجة والمفردة ، وحول الأعداد الأولى والكاملة وينتهي بدراسة التصاعد وقاعدة الفلجي *regula falsi* وقاعدة اورا *Regula aurea velde tre* . . . مع العديد من القواعد الخاصة والأمثلة . كما يتضمن هذا المخطوط الأول فقرة من ترجمة كتاب الجبر للخوازمي *al-Kwarizmi* .

ويتضمن مخطوط درسدن *Dresde* ، فيما يتضمن ، كتابين عن الجبر واحد لاتيني والآخر الماني ، حيث توجد اشارات متنوعة للدلالة على « القوى ، الأربعة الأولى » فوق المجهول ، كما يتضمن تصنيفاً للمعادلات التي تميز بين الأنماط الستة الكلاسيكية لمعادلات الدرجة الثانية (ومنها ثلاثة أنماط من

(1) إن كلمة كوس *Coss* تعني عند الألمان الجبر وتعني عند الطليان من المتعاملين بالجبر « المنجول » أو الشيء المطلوب .

المعادلات الناقصة (و18 أخرى تكعيبية ومزدوجة التربع . وهذه تضاعفية تميزها جبر القرون الوسطى وعصر النهضة ، وتفسر ، بجهل العدد السليبي والحاجة الى عدم استعمال قيم غير القيم الايجابية في المعادلات .

مثلث شوكيه : أن كتاب « الأقسام الثلاثة في علم الأعداد » ، المكتوب في ليون سنة 1484 ، بقلم الطبيب الباريسي نقولا شوكيه Nicolas chuquet ، يسمو في مستواه فوق الكتب السابقة ، وأيضاً فوق كتاب «سوما Summa» لمؤلفه لوقا باسيولي Luca Pacioli . وعلى كل ، وإذا كان بالامكان القول بأن واحداً من هذه المؤلفات قد أثر بضرورة مباشرة في المؤلفات الأخرى ، فإن تشابهها يدل على أنها تدخل في ذات التراث .

تتضمن دراسة «شوكيه» ، التي ظلت مخطوطة في زمنه ، ثم اكتشفت ونشرت من قبل «مار A. Marre» سنة 1880 ، ثلاثة أقسام مخصصة للأعداد ذات الجذور والأعداد غير المجذرة ولنظرية المعادلات .

وبدأ «شوكيه» ، بحكم امانته للتراث ، بالتعداد ، أي بشرح نظام الأعداد وكيفية كتابتها وظهر دور الصفر بوضوح تام . ومن أجل تسهيل التعداد ، اقترح شوكيه تقسيم الأعداد الى مجموعات (بواسطة النقط) واعطاء كل مجموعة اسماً يدل على مرتبتها مباشرة . من ذلك انه بدلاً من القول « الف الف » يقال « مليون » ، وبدلاً من القول « مليون مليون » يقال بليون ثم ترليون ، كوادريليون الخ . وهكذا الى آخر ما يرد تعداده .

ان المعجمية التقنية التي استعملها «شوكيه» متقنة الصنع . وهي في معظمها ما تزال تستعمل اليوم . اما جدول الضرب فيسميها «الكتيب الصغير حول الألفوريسم» ، وهي مرتبة بشكل مثلث . ويفضل «شوكيه» بدلاً من ميزان الـ 9 ، لأنه لا يمكن أن يكتشف بعض الأخطاء ، ميزان الـ 7 « لأن الـ 7 لا تأتلف مع الأرقام مثل الـ 9 » . ويلاحظ «شوكيه» ان الضرب والقسمة باثنين او ثلاثة الخ هي حالات خاصة في العمليات العامة وليست عمليات خاصة .

ويحدد «شوكيه» أيضاً التصاعدية الحسابية والتصاعدية الهندسية بوضوح ، وفي هذا اعظم عناوين مجد «شوكيه» ، حين يجري التوافق بين التصاعديتين :

« اذا كانت التصاعدية الحسابية هي تصاعدية سلسلة الأعداد والتصاعدية الهندسية تبدأ بمطلق عدد الا ان (مخرجها) (Dénominateur) أو ضاربها يساوي هذا العدد ، [وهذا ما نرمز اليه اليوم بـ a, a^2, a^3, \dots, a^n] عندها (يقول «شوكيه») ، أن حاصل ضرب عددين من السلسلة الثانية ينتمي الى السلسلة ، وعددها الترتيبي يكون مجموع الأعداد الترتيبيه لهذه العوامل .

ونجد هنا ، وهذا امر مهم ، أول مظهر من مظاهر فكرة الحساب اللوغاريتمي . وفي معالجته للقاعدة الثلاثية وللقواعد المتعلقة بالموقع والموقعين ، يتصرف شوكيه Chuquet بشكل متماسك تماماً وتناظري فيما يخص الأعداد الايجابية والأعداد السلبية ، ويعطي قواعد

استعملها : « ضرب زائد بتناقص أو العكس يعطى دائماً ناقص . أما قسمة زائد بـزائد وناقص بـناقص فيعطى زائد ، ومن يقسم زائد على ناقص أو ناقص على زائد يحصل على ناقص » . والنوعان من الأعداد ، وكذلك عمليات الجمع والطرح يرمز اليها بالإشارات (اختصاراً $+$ و $-$) . وظهرت علامات أخرى في بقية المؤلف من ذلك أن الجذر Racine يرمز اليه $\sqrt{}$ (وقد سبق أن استعملها ليونارد دي بيز Leonard de Pise ورجيو مونتانوس Regiomontanus) .

يضاف اليه المقل Exposit : $\sqrt{}$ إشارة إلى الجذر التربيعي (الجذر الثاني) و $\sqrt[3]{}$ من اجل الجذر المكعب . وقد عالج مسألة توسيع هذا الترميز ليشمل الجذور الأولية ($\sqrt[4]{}$) التي هي الأعداد بذاتها ($\sqrt[4]{12} = 12$) .

أما الترميز (الأمي Exponentielle) بواسطة الرموز العليا الموضوعة على اليمين فقد وسع من الجذور إلى مضاعفات المجهول . ويسمى «شوكيه» المجهول « بالعدد الأول » ، ويشير إلى أن القدامى كانوا يسمون هذا المجهول شيئاً (Res و cosa) ، ولكنه لم يكتبه في تركيباته ومعادلاته . من ذلك أن 12^1 تعني في الترميز المعاصر 12^x . أما الأعداد الثانية والثالثة فتدل على تضعيفات المجهول ($12^2 = 12^x$ ، $12^3 = 12^x$) . ولكن رغم هذه الثغرة - عدم ترميز المجهول - فهم «شوكيه» تماماً المعنى العميق للترميز الأمي .

فهو قد طبق ، ليس فقط في الضرب وفي القسمة الجارين على تعابير من نمط a^n و a^m ، وبدون تردد قاعدة الجمع والطرح في المقلات (من ذلك $12^3 \times 10^5$ تعطي 120^8 أي في الترميز الحديث : $12x^3 \times 10x^5 = 120x^8$) بل لم يتردد أو يضطرب امام المقلات السلبية ولا أمام المقل صفر الذي يدل على عدم وجود مجهول .

وتبدو معالجة لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية (وقواعده بهذا الشأن قريبة من القواعد المطبقة اليوم في كتبنا) من حيث وضوحها ، فريدة في القرن الخامس عشر . وفي نظرية المعادلات لم يحاول «شوكيه» ، وهو بهذا امتاز على معاصريه ، ان يكثر من القواعد الخاصة ، بل بالعكس حاول ان يعثر على القواعد الأكثر عمومية ، وأدخل أربع طبقات قانونية تكتب في الترميز العصري (في المعادلات الرباعية أو القابلة للتخفيض والتحويل إلى رباعية :

$$\begin{aligned} ax^m &= bx^{m+n} & ax^m + bx^{m+n} &= cx^{m+n} \\ ax^m &= bx^{m+n} + cx^{m+n} & ax^m + bx^{m+n} &= cx^{m+n} \end{aligned}$$

والأمثلة المعالجة تتضمن أحياناً حلولاً سلبية تعتبر صحيحة تماماً . وهناك حلول تؤدي إلى معادلات غير محددة أو إلى مجموعات من المعادلات تتيح في الواقع حلولاً كثيرة . ويتضمن غطوط «شوكيه» المحفوظ في المكتبة الوطنية في باريس (324 ورقة) ، يتضمن هذا المخطوط ، بعد «الأجزاء الثلاثة» (ورقة 1 إلى 147) مجموعة من 166 مسألة ، وبحثاً تطبيقياً حول تطبيق الجبر على الهندسة ، وحساباً تجارياً .

وفي بعض المسائل من الدرجة الأولى ذات المجهولات المتعددة ، يبرز ترميز جديد . فالمجهول

الرئيسي يرمز إليه دائماً بـ 1^1 ، والمجهول الثاني يرمز اليه 1^2 ، وتوصل «شوكيه» الى التعبير عن هذا بالنسبة الى الأول . وهناك مجهول ثالث رمز اليه 1^3 ، ثم عُبِّر عنه ايضاً بالنسبة الى الأول . وهكذا يعيد الحل الى قاعدة الأوليات (J.Itard) .

وللاسف لم يُنشر كتاب « الأقسام الثلاثة » ، رغم أنه عُرف ، ورغم ان افكار «شوكيه» قد وجدت هنا وهناك وبصورة خاصة في كتاب الحساب الذي وضعه اتيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520 و 1538) . ولم يكن لهذا المؤلف ، في تطوير الجبر . ذلك الأثر الذي كان يجب ان يكون له . ولذا استخدم كتاب الجامع « سوما Summa » الذي وضعه لوكاباسيولي Luca Pacioli ، في القرن اللاحق ، كنقطة انطلاق ومصدر ثانٍ ، في علم الرياضيات النظرية والعملية .

مؤلفات باسيولي Pacioli : ولد لوكا باسيولي Luca Pacioli (اولوكادي بورغو سبولكرو Luca di Borgo S.Sepulcro) حوالي سنة 1445 في بورغو سان سبولكرو ، في أومبري . وفي سنة 1464 ، جاء الى البندقية وفيها اكتسب المعارف التجارية التي تجلّت في كتابه « الجامع » (Summa) . وبعد أن ارتدى لباس سان فرنسوا San François ، وبعد أن أكمل دراسته ، درس الرياضيات في بروز (1475) ثم في مدن أخرى من إيطاليا . وأخيراً في روما حيث مات سنة 1514 .

كتاب «الجامع» في الحساب والهندسة والنسبة والنسب ، الذي سبقته ثلاثة كتب متوسطة الحجم وغير منشورة ، أكمله سنة 1487 ، في بروز ونشره سنة 1494 في البندقية . أنه كتاب كبير (600 ص) (300 ورقة) ضمّ ، فضلاً عن المواضيع التي أشار إليها العنوان ، محاضرة كاملة عن الحساب التجاري . انها موسوعة حقّة . وهذا الكمال ، المبتغى عن وعي ، من قبل « باسيولي » ، هو الذي يفسر نجاحه ، الذي لم يحط من قيمته انعدام الترتيب ، ولا صعوبة الأسلوب واللغة .

يقسم الكتاب الى خمسة أقسام ، قسمت بدورها الى معالجات ومتميزات . ولكنه لا يتضمن الا مجلدين . يحتوي الأول منها على الحساب (النظري والتطبيقي) وعمل الجبر (224 ورقة) والثاني يتضمن الجيوموتريا (الهندسة) (76 ورقة) .

من الناحية الرياضية ، هناك تجديد قليل جداً في « الجامع » « لباسيولي » . ولكن المؤلف لا يتفني الأصالة ، ويشير بصراحة كلية الى الكتاب الذين أخذ عنهم أو نقل عنهم . ومن بينهم من الأقدمين : افلاطون Platon ، وارسطو Aristote واوليدس Euclide وارشيدس Archimède ونيقوماك Nicomaque وتيرن الأزميري Théon de Smyrne وبويس Boèce ، ومن بين علماء القرون الوسطى : ثابت Thàbit ، واحمد بن يوسف Ahmad ibn yūsuf ، وليوناردو بيز Léonard de Pise ، وبرانزاردن Bradwardine ، ويليدي بارم Blaise de Parme ، والبردي ساكس Albert de Saxe وجوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius . وجان ساكروبيوسكو Jean Prodocscimo de Sacrobosco ، ومن بين المعاصرين أشار الى برودوسيموس ولدوماندني Beldomandi ، (الذي ظهر كتابه الألفوريم الكاملة ، المؤلف سنة 1428 في بادو سنة 1483) .

ويتضمن القسم الأول من « الجامع » المادة الأولية المعروفة في الحساب النظري والالغوريسم

وختلف أنواع الأعداد (المربعات، المنحرفات، المثلثات، الكاملة، المتعاطفة ...). وعرضاً موجزاً لنظرية المتعددات الأوجه المنتظمة الخمسة .

وبعدا يدرس العمليات الحسابية الكلاسيكية المعروفة يومئذ : العدد ، الجمع والطرح والضرب والقسمة والتضاعف ، واستخراج الجذور . ويلاحظ ان التوسيط والتضعيف قد أهملتا تماماً أما الجمع فقد رمز اليه بالعلامة \overline{r} ويتم بأسلوب واحد . أما الطرح فقد رمز اليه بـ m وهو وارد بثلاثة أساليب مختلفة .

أما الضرب فيتم وفقاً لثمانية أساليب ؛ والقسمة اربعة منها اسلوب جاليا Galea الشبيه بالاسلوب الذي يسميه « حساب Trévis » ، per batello a galea ، واسلوب Danda ، الذي طبقه الممارسون برأي « باسيولي » ، والذي يشبه اسلوبنا . واستعمال موازين الـ 9 والـ 7 كان شائعاً جداً . وبعدها تأتي الفصول المستوحاة من ليونارد بيزا Leonard de Pise ، حول التضاعف وحول استخراج الجذر التربيعي والتكعيبي (وهذه الحالة الأخيرة قد عولجت ضمن الفرضية التي يؤدي الاستخراج فيها الى عدد جلري) ، وبعدها تأتي دراسة الكسور وفق ترقيم شبيه بترقيعنا .

وأشار « باسيولي » الى المختصرات المستعملة في الحسابات العادية كما أشار الى مختصرات أخرى سماها حرقاً « بالجزيرية » (كراتيري الجبريسي Caratteri algebrici) والتي تستعمل في قاعدة المجهول Regola della cosa .

ومن بين هذه المختصرات الإشارة xy التي ترمز الى الجذر (xy الأولى يمثل العدد xy ، أو xy^2 يدل على الجذر التربيعي و xy^3 يدل على الجذر التكعيبي : والمثقلات لا توضع كمثقل كما هو الحال عند شوكيه Chuquet بل على مستوى إشارة xy . و « باسيولي » لا يستعملها الا في الجذور التربيعية والتكعيبيية .

اما الجذور ذات التثقيب الأعلى ، فقد اتبع فيها خطأ مبدأ الجمع ، وذلك بشكل قليل التماسك : من ذلك $\sqrt[3]{xy^2}$ يساوي xy^2 ، و $\sqrt[3]{xy}$ يساوي xy ، و $\sqrt[3]{xy^2}$ يساوي xy ، و $\sqrt[3]{xy}$ يساوي xy . أما $\sqrt[3]{xy}$ يساوي xy .

ويكتب الجذر التربيعي لتعبير جبري كما يلي xy (xy is (radix universalis) . ويجب الإشارة الى ان نفس الرموز تستخدم أيضاً للدلالة على الأعداد المضروبة بنفسها أو بمثقلات . وهذا لا يساعد على الوضوح .

ولكن الترقيم الأكثر اعتياداً ، بالنسبة الى الأعداد المثقلة Puissances يختلف تماماً . فالمجهول (Res ، أو ، cosa) يرمز اليه بالرمز eo . أما الأعداد المثقلة فلها أسماء خاصة وتميز بالاختصارات التالية :

carré مربع ; cube مكعب

censo = *ca.* (carré); *cubo* = *cu.* (cube : x^3); *censo de censo* = *ca.ca.* (carré de carré : x^4); *prima relato* = *pr.^{ra}* (x^2); *censo da cubo* = *cubo do censo* = *ca. cu.* (x^4); *segundo relato* = *2.^a* (x^2); *censo da censo da censo* = *ca.ca.ca.* (x^6), etc.

هذا الغلام من التسميات يتركز على ضرب المثقلات وليس جمعها . واضطر « باسيولي » الى الاستعانة بـ *basia* خصوصية (Les relati) وبالاختصارات الخاصة بالنسبة للأعداد المثقلة ذات التثقل الأولي مثل 11,7,9 الخ .

ويرمز الى المعادلة بكلمة يساوي أو بخط قصير : = ، أو بلا شيء . والعدد الثابت الوارد في معادلة ما يسمى Numerus . وفي الحالة النادرة والتي يجب تجنبها حيث تتضمن المعادلة مجهولين يرمز الى الثاني أو *quantita* ، بعلامة خاصة : q^a .

وفي درسه للجبر بالذات بدأ « باسيولي » بتفسير الاشارة q^a و q^b (زائد وناقص) حيث اختصر استعماله في سلسلة من القواعد مقوية للذاكرة . ويوضح أن البراتيكا سيكولا نيفا La Pratica speculativa ، والمسماة علمية « قاعدة الشيء » ، أو الفن الكبير تسمى أيضاً الجبر والمقابلة .

وفي نظرية المعادلات هناك ثلاثة انماط خاصة بسيطة $e = e$; $bx = bx$; $ax^2 = ax^2$ (في الترميز العصري) ، وثلاث حالات رئيسية هي $ax = b$; $ax + b = c$; $ax^2 = bx + c$.

وحل المعادلات الاخيرة يختصر بثلاثة قواعد سهلة التذكر . والمعادلات من درجة اعلى (Bi-quadratique) تجمع في ثلاثة انماط اثنان منها يُردّان الى معادلات من الدرجة الثالثة وتسمى مستحيلة

ويطرح باسيولي Pacioli فيها بعد ولأول مرة ، موضوع الأحزاب : وهي لعبة يتوجب للرايح فيها جميع ست علامات ، ويتوقف عندما يحصل احد اللاعبين على خمس علامات والآخر على علامتين . فكيف تمكن قسمة الغنيمة ؟ والحل الخاطئ : بنسبة النقط الحاصلة .

القسمان الثالث والرابع اللذان ينتهي بهما هذا الكتاب الأول يشكلان كتاباً في المحاسبة ذات القيد المزدوج وجدولاً بالنقد والمقاييس المستعملة في ايطاليا ، والمأخوذة عن كتاب مؤلف مجهول ، غالبا ما يظن أنه جورج شياريني Giorgio Chiarini . (والكتاب طبع في فلورنسا سنة 1481 تحت عنوان Libro che tratta

والمجلد الثاني من كتاب « الجامع Summa » يعالج مختلف المسائل الهندسية القياسية . وفيه جمعت « مئة مسألة ومفيدة جداً » ، في « دراسة خاصة حول الأجسام المنتظمة والعبادية » . أما أكثرية المسائل فتعالج بالحساب لا بالبناءات الهندسية . أما الكلام عن المعالجة الجبرية فخطيء لأن « باسيولي » يدرس مسائل خاصة ولا يتجاوز أبداً مستوى الحساب .

وفي سنة 1509 أصدر « باسيولي » في البندقية كتاباً من ثلاثة أقسام عنوانه Divina proportione والقسم الثالث من هذا الكتاب نقل نقلاً دراسة ظلت غير منشورة كتبها بيرولا فيرنيسكا Piero della Francesca .

وفي القسم الأول ، وهو القسم الوحيد الذي يعني بالنسبة (العدد الذهبي ، أو القسمة لعدد ما الى حد *raison* متوسط والى حد أقصى (*en moyenne et extrême raison*) ، يمتدح « باسيولي » النسبة ، ويبرر وصفها بالربانية Divine باعتبارها مأخوذة من الفلسفة الأفلاطونية ومن اللاهوت المسيحي ، ويشرح لنا دورها الضخم الذي تلعبه في تكوين الكون وكذلك في تكوين الجسم البشري . وتلي سلسلة من المقترحات المتعلقة بهذه النسبة (المستعارة من أقليدس (*Euclide*) ، ثم مناقشة لتطبيقات هذه النسبة في مجال الهندسة المعمارية ، والطباعة ، وفي بناء البوليدر (مضلع متعدد الصفحات) المنتظم ونصف المنتظم . ويذكر « باسيولي » هذه المناسبة عدة مجموعات من نماذج هذه الأجسام ، وقد قام بنفسه بصنع مثل هذه المجموعة في نيسان 1489 . وتتضمن صورته الشهيرة من صنع جاكوب بارباري Jacopo de Barbari تصويراً لاثنتين من هذه النماذج (مضلعين وأحدهما منتظم والآخر نصف منتظم) . ومن اجل رسم الصورة في كتابه حصل « باسيولي » على مساعدة ليونارد دافنشي⁽¹⁾ Léonard de Vinci .

ليونارد Léonard و الرياضيات : تقع اعمال ليونارد دافنشي ، Léonard de Vinci ، كأعمال صديقه لوكا باسيولي Luca Pacioli بين القرنين الخامس عشر والسادس عشر . وهو فكر شمولي اذا كان حقاً هناك من فكر شمولي ، وهو اعظم أعظم الهواة ، بحسب تعبيري ج.ل. كوليدج J.L. Coolidge . وقد عني « ليونارد » بكل المجالات العلمية : الهندسة ، الميكانيك ، الجيولوجيا ، والجغرافيا ، الفيزيولوجيا والتشريح ، علم النبات والبصريات ولم يفته شيء أمام حشرفته المحرقة وكان فكره في كل مجال من هذه المجالات متقدماً سباقاً .

ولم يكن « ليونارد دافنشي » (1452 - 1519) نتاج تعليم جامعي ولا هو نتاج ثقافة أدبية انسانية ايطالية . وإذا كان يبار دوهيم Pierre Duhem ، في دراساته الشهيرة حول « ليونارد دافنشي » ، ما قرأه ومن قراءه « (باريس 1909 - 1913) قد قدم لنا العالم المشيع بالتراث العلمي الوسيط الذي انقذه «ليونارد» من النسيان ونقله الى خلفائه في القرن السادس عشر والسابع عشر ، فالعلم الحديث لم يحتفظ بشيء من هذه الصورة . ففي زمنه وفي الزمن الحديث اعتبر ويعتبر « ليونارد » رجلاً غير مثقف بالثقافة الكلاسيكية ، رجلاً يجهل اللاتينية واليونانية ، وعامساً عملياً ، وفي افضل الأحوال رجلاً عصامياً .

والمعاصرون - معاصرو « ليونارد » ومعاصروننا - هم على خطأ وعلى صواب في آن واحد . على

(1) يتوجب الإشارة إلى الترجمة اللاتينية و لعناصر اقليدس Euclide التي نشرها « باسيولي » سنة 1509 في البندقية . ومن المعلوم ان هناك نسخة من « العناصر » بخط كمانوس مأخوذة من العربية وقد نشرت بعد 1482 . وانتقد بارثولوميو زامبرتي Bartolomeo Zamberti الاخطاء فيها ولغتها الجافة ونشر في سنة 1505 في البندقية ترجمة جديدة تفلأ عن غشوة يونانية . وقد قام مجد كمانوس على هذا ، إذ كان يعتقد ان المعطيات وحدها كانت من صنع « اقليدس » أما البيان والايضاح في النسخة اللاتينية فكانت من صنع كمانوس ، اما البيانات في النص الاغريقي فكانت من صنع تيون Théon . وقد اعتبرها « باسيولي » غير كافية من الناحية الرياضية (أي ترجمة زامبرتي Zamberti) ، فاعاد ، نشر نسخة كمانوس Campanus بعد تصحيحها . والخلط في زمنه بين « اقليدس » وبين الفيلسوف اقليدس المغربي Euclide de

خطاً حين يقللون من عدد الأشياء التي تعلمها الشاب «ليونارد» في مدرسة أندريا فروكشيرو Andrea del Verrocchio حيث عمل في معمله وتكون على يديه : فمعامل كبير مثل معمل فروكشيرو Verrocchio حيث يتعلم المبتدئ ، غير التصوير ، فن قوالب البرونز وتشذيب الصخر ، وفن وضع الخراط وحفر القنوات وفن بناء البيوت وتحصين المدن ؛ هذا العمل يشبه الى حد بعيد مدارس للفنون الجميلة ، أو مدارس للفنون والمهن ، أكثر مما يشبه معمل رسام حديث . وممارسة كل هذه الفنون - حتى فن الرسم الذي يتطلب معرفة بالأبعاد - تتطلب زاداً علمياً رياضياً بصورة خاصة لا يستهان به على الإطلاق .

وهم على حق في التركيز على التكوين العملي وحتى الحرفي عند «ليونارد» : فهذا التكوين ربما يفسر لغته الهندسية المحدودة . أن ليونارد في أعياقه هو مهندس ومصمم آلات . وليس هو بالمنظر . كما أن جيومترته هي جيومترية الميكانيكي : والحلول التي يسعى إليها هي حلول عملية تقريبية تتحقق بواسطة آلات واقعية ، وليست حلولاً نظرية دقيقة يمكن تنفيذها in Rerum Natura . والعلم في نظر «ليونارد» - كما هو في نظر الكثير من معاصريه - لم يكن موجهاً نحو التأمل بل نحو العمل .

وخير مثل على هذا الموقف العملي التجريبي يبدو لنا من خلال دراسته حول البناء - بناء ضمن دائرة - لتمددات الأضلاع المتظمة كما تربيع الدائرة . أن رسم التمددات ذات 3, 6, 8, 24 ضلعاً أمر سهل ، وقد حققه «ليونارد» مستعملاً فرجة ثابتة من البركار (البيكار) (وأصبح البناء بواسطة بركار ذي فتحة ثابتة - وهو موجود عند بابوس Pappus بعد أن كان أبو الوفا Abū'l-Wafa - قد اهتم به كثيراً - شعبياً في إيطاليا خلال القرن السادس عشر . وبناء الخمس والثلث أصعب ، وقد اكتفى «ليونارد» ، هذه المرة بحلول تقريبية . أما تصحيح وتربيع الدائرة فيتم بتكرير دائرة أو دوائر فوق خط مستقيم أو فوق سطح . وهذا يدل ، بكل تأكيد ، على جهل تام بالمسألة النظرية ، ولكن من وجهة نظر المهندس له مبرره التام .

بدون شك ، يعود الفضل إلى لوقا باسيولي Luca Pacioli ، صاحب «الجامع» (سوما Summa) الذي استولى عليه «ليونارد» منذ صدوره ، حتى أصبح صديق لوقا Luca ، وعنه أخذ أفضل معارفه الرياضية ولكنه عرف أيضاً البردي ساكن Albert de Saxe وجوردان غوراريوس Jordanus Nemorarius اللذين ذكرهما كثيراً ونقولاً دي كوي Nicolas de Cues الذي كان له تأثير بالغ عليه وأغلب الظن أنه لم يدرس أرخميدس Archimède على الإطلاق . وبالمقابل لقد عرفه ، بشكل غير مباشر ، من خلال إيتوسيموس Eutocius وجورجيو فالأ Giorgio Valla حين طبق مضمون كتابه : « De expetendis et fugiendis rebus » .

ومن الغريب أن لا يهتم «ليونارد» على الإطلاق بالجبر . ربما لأنه وجده صعباً جداً وتجريبياً جداً ، وبالمقابل أنه مهندس بالولادة ، حتى ساعدته موهبته العجيبة في الرؤية في الفضاء ، على تلافي نقص معرفته النظرية . وافكاره حول المفاهيم الأساسية في الهندسة تبدو مهمة ، رغم أنها تمكس تأثير التراث الأرسطي ، وكذلك تأثير نقولا دي كوي Nicolas de cues المساعد .

ولا يتراجع «ليونارد» أمام استخدام التديقات المتناهية الصغر (الانتقال الى الحد الأقصى) . من ذلك انه ، لكي يجدد مركز الثقل في نصف الدائرة ، اقترح تقسيمها الى عدد من الاهرامات (المثلثات) الى درجة يصبح معها تقعر قاعدتها تقريباً غير محسوس بحيث يبلو كخط مستقيم . وعلى كل ان في هذا حالة استثنائية . وبشكل عام ، ان اساليب «ليونارد» ابسط ، واقوم وأكثر بدائية . وهو ، من غير شك ، توصل الى اجمل اكتشافاته العلمية ، اكتشاف مركز الثقل في الهرم ، بالحدس والالهام .

ويبدو انه نقل الى الفضاء التحليل المتعلق بالسطح ، في ما يخص مركز الثقل في المثلث ثم عبر الى المثلث القاعدة المنتظم ، فاستطاع تحديد مركز الثقل في هذا الهرم . عند نقطة التقاء المحاور (axes) (وهي المستقيمتان التي تجمع بين القمة ومركز الثقل في الوجه المقابل) ، وعلى مسافة الربع من القاعدة . ثم اكتشف ان المستقيمتان التي تصل بين اواسط الأضلاع المتقابلة ، في هرم مثلث القاعدة (تترايز) تتقاطع أيضاً في مركز ثقله . واخيراً لقد عمم اكتشافه واكد ان مركز الثقل في أي هرم يقع على محوروه ، في الربع منه ، انطلاقاً من القاعدة .

واستلهم «ليونارد» دراساته حول تحويل الأحجام من بعضها الى بعضها ، «بدون نقص ولا تزايد في المادة» من كتاب نقتولاً دي كوي Nicolas de Cues : De transmutatione geometricis . (المكتوب حوالي سنة 1450) ولكنه استعمل - من اجل حل المسائل التي طرحها هذا الأخير (اجتماع عدة مكعبات في مكعب واحد ، وتحويل مكعب الى منشور قائم وبالعكس) ، وهي مسائل تدور حول ادخال متوسطين نسيبين بين كميتين معينتين : أساليب تعلمها من فلا (Valla) . وعلى كل ابتكر «ليونارد» تحويلات اصيلة ، كتحويل مكعب مثلاً الى هرم .

وقد أثارت هيلابث ايبوقراط Hippocrate ، اهتمامه : وزيادة على الاشارات الكثيرة المدونة في «دفاتره» ، حاول سنة 1514 ، ان يؤلف بشأنها دراسة «De ludo geometricis» . ظلت ، ككل اعماله ، غير مكتملة ، هذا الاهتمام ربما تفسره القيمة الجمالية لهذه الهيليات التي يمزجها ليونارد Léonard وبشكل بلي باشكال لا يتصورها الخيال ، مع قرنها بصور اخرى . في هذه الأثناء يكتشف بعض المقترحات الهندسية ، البسيطة بالتأكيد ، انما غير المعروفة حتى ذلك الحين ، على الأقل في الغرب . وبناء عليه قرر ان يجمع الهيليات المبينة على الأضلاع الثلاثة في مطلق مثلث مستقيم يساوي مساحة المثلث المذكور .

ونشر أخيراً الى الحل المدهش الميكانيكي (بواسطة بركار خاص) لمسألة بصرية تسمى مسألة (ابن الهيثم Alhazen) (يراجع المجلد 1 ، القسم الثالث ، الفصل الثاني) التي حُلَّت هندسياً بعد مئة وخمسين سنة من قبل هويجنس (Huygens) . ويتضمن هذا الحل معرفة عميقة واستثنائية ، بالنسبة الى ذلك الزمن ، لخصائص المقاطع المخروطية (Coniques) .

II - القرن السادس عشر : من الجبر البياني إلى الجبر الموجز

تتصدر فائدة «جامع» (سوما Summa) لوكا باسيولي Luca Pacioli ، بصورة أساسية ،

من قيمته التمثيلية ، ومن دوره التاريخي . وإذا كان المستوى النظري لهذا العمل غير مكتمل ، وإذا كانت بعض أخطاء الحساب تشوّه ، فبالقابل ، إن عبقرية مؤلفه الجبرية ملحوظة وبارزة فيه . فبالنسبة إلى « باسيولي » إن كل مشكلة - مهما كانت معقدة ، إذا أمكن ردها إلى معادلة من الدرجة الثانية ، ذات جذور حقيقية وإيجابية ، - هي مشكلة محلولة . من هنا بالذات يدل « باسيولي » على مهمة خلفائه : حل المعادلات ذات الدرجة العالية ، وهي مهمة يدل إنجازها على ذروة وعلى نهاية الجبر « الموجز » ، كما مارسه هو بنفسه .

الواقع أنه إلى جانب هذه المسألة ، هناك مسألة أخرى طرحت نفسها على أهل الحساب وعلى علماء الجبر في القرن الخامس عشر : هي مسألة تبسيط وتوحيد القواعد العلمية ، وكذلك وضع وإيجاد تعابير متماسكة وترميز ملائم .

ونلاحظ بغرابة ، عند ملاحقة المهمتين ، نوعاً من « تقسيم العمل » . ففي حين كان يتم في ألمانيا وضع الترميز الجديد ، ظلت إيطاليا عموماً أميّة للتراث ولكنها حققت تقدماً حساساً في علم الرياضيات .

الأئمة وتعليم الرياضيات : رغم هذا لم يختلف الاتجاه العام في الفكر العلمي ، في النصف الأول ، عن الاتجاه السائد في القرن 15 : استعادة العلم الوسيطى والكلاسيكى وانتشاره في طبقات أوسع من السكان . وعلى كل أن هذه الحركة - التي تجلّت في طبع وإعادة طبع مؤلفات الماضي ⁽¹⁾ ثم في نشر الكتب باللاتينية وباللغات المحلية - تسارعت وتعاظمت ، لأن مكانة ودور الرياضيات في التعليم أخذت يتزايدان بدون توقف ، كما تعاظمت أهميتهما في وجدان الإنسان المثقف في ذلك الحين وفي وجدان الطبقة الذي يتعلم الرياضيات ليستفيد منها مادياً .

وإذا كان تعليم الرياضيات قسماً من البرامج في كلية الفنون في الجامعات الوسيطة ، فإن مستواه قلماً كان مرتفعاً : من وجهة النظر الجامعية ، إن كبار الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع

(1) من ذلك أن اقليدس Euclid قد نشرت كتيبه عدة مرات ، باللاتينية ، وسنداً لعدة تراجم ، في سنة 1533 ، باللغة الاغريقية مع تفسير بروكليس Proclus . وفي سنة 1543 و 1575 بالاطالية . وفي سنة 1564 - 1565 (الكتب الصعبة الأولى) بالفرنسية . وفي 1570 بالانكليزية . وطبع له طبعه بالعربية سنة 1594 . كل هذا دون ذكر الطبقات الجزئية ، للكتب الستة الأولى . يظهر ابولونيوس Apollonius باللاتينية سنة 1537 بترجمة رديئة . ولكن في سنة 1566 ظهرت طبعه كوماندينو Commandino . وقد نشر ارخميدس Archimede بصورة جزئية من قبل ل. غوريكو L. Gaurico سنة 1503 ثم بشكل أكثر كمالاً من قبل تارتاغليا Tartaglia الذي نشر باسمه الترجمة القديمة التي وضعها ج. موربيكي G. de Moerbeke سنة 1543 . وباللاتينية ترجمة يعقوب كرمونا Jacopo de Cremona بكاملها ، من قبل فيناتوريوس Venetorius سنة 1544 (مع الطبعه الاغريقية للمبانيه) ، وفي ترجمة جديدة من قبل كوماندينو Commandino سنة

1558 . وانخراً أكمل بابوس Pappus سنة 1588 سلسلة الأعمال الرياضية . أما المستطلي لبطليموس سنداً لطبعة 1515 (ترجمة جيرارد دي كرمونا ، نقلاً عن العربية) ، فقد نشرت له ترجمة جورج تريزوندي Georges de Trébizonde (راجسا لوكا غوريكو نقلاً عن نص اغريقي (البندقية 1528) ، ثم الاغريقية للمبانيه) التي أعدها سيمون غرينو (بال 1528) . وقد أعيد طبع ترجمت جيرارد كرمونا وجورج تريزوندي عدة مرات بخلاف القرن السادس عشر . هذا عدا عن تيوبوز ومينيلاس وإيتوسيس وهرون . الخ .

عشر كانوا قلة ، وفي القرن الرابع عشر والخامس عشر اقتصر تعليم العلوم الرياضية والفيزيائية على قليل من الحساب اللوغاريتمي وعلى قليل من الهندسة ومن علم الفلك ، والقليل القليل حقاً .

وفي النصف الثاني من القرن الخامس عشر كانت بولونيا وكراكوفيا تقريباً الجامعتين الوحيدتين اللتين نظمتا تعليم الرياضيات - خدمة لعلم الفلك ولعلم التنجيم - ومنذ 1460 أصبح لكراكوفيا Cracovie كرسيان مختلفان مخصصان للعلوم الرياضية والفلكية (بما فيها علم التنجيم) . وكان من أهم ممثلي الأعلام في مدرسة كراكوفيا البرت برودزو Albert de Brudzewo . أحد أوائل معلمي كوبرنيك Copernic . فقرأ Aristotle de Coelo لارسطو وأرسطو Saphara لساكروبيوسكو Sacrobosco و Thes ricae novae planeta rum لبورباخ Peurbach . ولكنه علم أيضاً الرياضيات الخالصة : الهندسة والجبر .

وحوالى أواخر القرن الخامس عشر وفي بداية القرن 16 تغير الوضع تماماً . وانشئ كرسي للرياضيات البحتة في بولونية سنة 1496 من أجل سيبيون دل فرو Scipione del Ferro . وفي سنة 1500 نجدها أيضاً كرسين لعلم الفلك يحتلها سيبيون دي مونتو Scipione de Mantoue ودومينيكو ماريا دي نوفارا Domenica Maria da Novara . وكانت الرياضيات تعلم في تونجن بعد 1494 . وفي سنة 1510 قام بتعليمها اسناد « عادي » وظهر « عالم فلكي » لا يعلم الا مادته - بما فيها علم التنجيم - سنة 1494 ، في جامعة انغولستاد . وفي سنة 1524 ، أصبح من يقوم بهذا التعليم بطرس ايبانوس Petrus Apianus « أستاذ عادي لتعليم الفلك » . وكان لجامعة وينترغ كرمي للرياضيات منذ تأسيسها سنة 1502 . ثم أصبح هناك كرسيان سنة 1532 . وفتح مركز آخر للرياضيات في فينا ، شهره تعليم بورباخ Peurbach فيه ورجيومونتانوس Regio Montanus : وفي سنة 1501 أسس الامبراطور مكسيميليان Maxemilien الأول فيها « كلية للشعر والرياضيات » ولكنها لم تدم طويلاً ، ومن المحتمل ، على كل حال ان تكون هذه المبادرة قد ساعدت على انشاء كرسين للرياضيات والفلك في جامعة فينا . وتبعته الجامعات القديمة - هيدلبرغ وارفورث وليزيغ - الحركة ، وإن متأخرة وفتحت منابر للرياضيات سنة 1532 في الكلية الملكية في باريس ، وفي سنة 1544 في جامعة كويمبر .

واستمرت الحركة حتى في مجال التعليم الثانوي : وتأثير مزدوج من الأنسة ومن الريفورم والاصلاح اللبني « ، وبحضور فيليب ميلانكتون Philipp Melanchthon ، وويلبالد بيرك هايمر Willibald Pirck Heimer ، فتح منبر للرياضيات في كلية نورمبرغ سنة 1562 . وكان صاحبه الأول جوان شونر Johann Schöner . الذي نشر سنة 1533 : « De Triangulis Omnimodis » لرجيو مونتانوس Regiomontanus . وتحلق في دائرة بيركهيمر ومكتبته - أحد أهم مراكز الأنسة الألمانية - فكران من الأفكار الاصلية في ذلك الزمن : جوهان ورنر Johann Werner والبرخت دورر Albrecht Dürer .

1 - المدرسة الألمانية واصلاح الترقيعات

العمل الهندي وعلم المثلثات عند جون ورنر **Johann Werner** : كان جون ورنر **Johann Werner** (1468 - 1528) كاهناً من نورمبرغ، بدأ حياته العلمية كجغرافي ورسام خارطات . ومن هنا اضطر الى الاهتمام بالرياضيات ويعلم المثلثات . في سنة 1522 نشر في نورمبرغ مجموعة من الأعمال الرياضية وفيها « تأويل .. حول المسائل المتعلقة بتضعيف المكعب » ، ومع « ليبلوس » **Libellus** . في هذا الليبلوس - وهي أول دراسة أصيلة عن المخروطات في الغرب - لم يعالج « ورنر » الا « البارابول والايپربول »⁽¹⁾ ولم يذكر كلمة عن القطع الأهلجي « إلبليس » ، وبسبب أن دراسته للمخروطات استخدمت كمدخل للدراسة بتضعيف المكعب . وقد عرّف المخروط ، على طريقة أبولونيوس . **Apollonius** ، وكأنه المساحة المولدة بمستقيم يرتكز على محيط الدائرة ، ويمر بنقطة ثابتة واقعة خارج سطح هذه النقطة ؛ وبالمقابل ان القطوع المخروطية لاتعامل كرسوم مسطحة ، بل كرسوم مرسومة على المخروط ومنقولة إلى هذه المساحة . « والتأويل .. حول تضعيف المكعب » هو ترجمة حرة ، ومزادة . بملاحظات أصيلة من « تأويل » **Eutocius** إيتوسيوس ثم أن « ورنر » ألف كتاباً في علم المثلثات الكروية « المثلثات الكروية » مستعيناً بأعمال ريجيو مونتانيوس **Regiomontanus** . وتضمن هذا الكتاب عرضاً لاكتشافه الكبير : اكتشاف البروستافيرسيس **Prostapheresis** لطريقة في الحساب اسمها « بروتافيريتيك » وترتكز على المعادلات التالية بالترميز المصري :

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)]$$

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta)]$$

وهذا الأسلوب يتيح استبدال الضرب بالجمع والطرح وقد وسعه ريتيكوس **Rheticus** ، ونيكو براهي **Tycho Brahe** ومعاونوه . وقد أدى للحسابيين في القرن السادس عشر خدمات كالتي تؤديها جداول اللوغاريتم .

وبقي كتاب ورنر **Werner** غير مطبوع وانتقل الى جورج هارتمن **Georg Hartmann** سنة 1542 والى ريتيكوس **Rheticus** الذي استفاد فيه في اعماله واعد طبعة جزئية له اسمها « المثلث الكروي كراكوفيا 1557 » . ووجد مخطوط « ورنر » في مكتبة الفاتيكان سنة 1901 فطبعه بجورنيو **A. Björnbo** طبعة متقيدة .

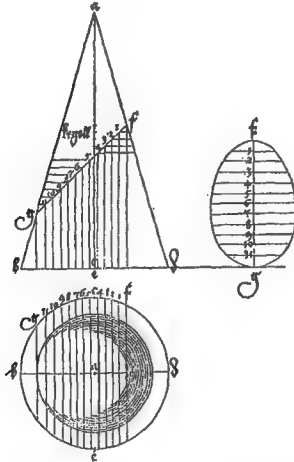
Dürer والرياضيات : لم يكن البرخت دورر **Albrecht Dürer** عبقري فذة من مستوى « ليونارد دافنشي » . ولكنه كرياضي مساو له . وكتابة « تعليمات كيف نفيس بالبركار والمسطرة » (نورمبرغ 1525) . يجتل مركزاً محترماً في الأدب الهندي في القرن السادس عشر .

وهذا الكتاب ليس كتاباً نظرياً . بل هو موجه للتقنيين والرسامين والمهندسين المعماريين والى المحترفين ليعلمهم فن خط الرسم الهندسي . ولكنه ليس مجموعة بسيطة من القواعد والمبادئ . انه

(1) البارابول هو القطع المكافئ والايپربول القطع الزائد .

يُطَمَّع إلى أن يكون علمياً فيؤسس الفن - أو التطبيق - على العلم ولهذا لا يورد المبادئ والقواعد بدون التبيان والشرح . انه اول كتاب علمي تطبيقي وضع بين يدي التفتين وسبب قيمته الفكرية العالية احتل هذا الكتاب مكانته ، رغم انه مكتوب باللغة العامية وترجم الى اللاتينية بسرعة .

خصيص الكتاب الأول من مؤلف « دور » « تعليمات حول كيفية استعمال البركار . . » للممنحنات فقط . فقد كان « دور » يهتم كثيراً بالحلزونات ، ربما لأسباب جمالية ، وعلم كيفية رسم الخطوط الحلزونية بواسطة البركار . ودرس أيضاً خطوطاً أكثر تعقيداً مثل ايبسكلويد والكونكرويد وسياها الصدفية . وهي تتكون بانزلاق مستقيم معين فوق زاوية قائمة بحيث يقطعه أحد اضلاع الزاوية في نقطة معينة . وترسم المخروطات بواسطة النقط ، ولهذا وكذلك لرسم المرواح Hélices



صورة 1 : مصور لقطع اهليلجي لمخروط دائري بمن وضع دور . .

استعمل « دور » أسلوب الاسقاط المزدوج المعاصري . . وبدا هكذا وكأنه سلف مونج Monge في الهندسة الوصفية .

أما كتابه الثاني في مؤلفه المذكور فيعلم بناء المتعدة الأخلاص المنتظمة ومنها المسبعات والتشيعة الأخلاص . . وفي الكتاب الرابع في نفس المؤلف يدرس « دور » الأجسام المنتظمة ونصف المنتظمة بأسلوب ذكي جداً باعتبارها سطوحاً ينشرها فوق مسطح . ويتهي كتاب « التعليمات » بعرض اختراعين تقنيين لتحسين أساليب الأبعاد عند ألبرتي ونذكر أن « دور » نشر كتابين آخرين بخصوص أساليب التحصين ، ولدراسة أبعاد الجسم البشري .

لا مفرغيتا فيلوسوفيا La Margarita philosophica : ندرس الآن الكتب المخصصة « الرجل الشريف » في القرن السادس عشر، هذا الانسان الراضي بالقليل يومئذ . لا شك أن جورج فلا Giorgio Valla ، الذي ترجم الى اللاتينية سلسلة من الكتب العلمية اليونانية ، خصص ثلاثة كتب من مؤلفه المسمى « اكسپدنتيس Des expédientis » (طبع بعد موته في البندقية سنة 1501) للحساب مستنداً على حساب مكسيم بلاتود Maxime Planude) كما خصص ستة اقسام من كتابه للهندسة وسار بها - لأول مرة في الغرب - حتى المقاطع المخروطية . كما قدم أيضاً ترجمة لتفسير ايتوسيموس Eutocius عن ارفيديمس Archimède، وعن تفسير سمبليسيوس Simplicius عن الهلاليات عند ابوقراط ولكن كتابه بقي استثنائياً ولم ينجح ابداً . ولكن كتاب « مارغريتا فيلوزوفيا » لمؤلفه الكاهن غريغوار ريش Chartreux Gregorius Reisch بدا في ذلك الزمان أكثر تميزاً (طبع هذا الكتاب سنة 1503 في فريبورغ واحيد طبعه كثيراً . خلال القرن السادس عشر مع ملاحق واستدراكت من بعض الناشرين) . وفي الصفحات المخصصة للحساب النظري والعملي (وقد خصص حوالي ثلاثين صفحة لكل موضوع) وللهندسة النظرية والعملية ايضاً ، لا يقدم لنا ريش Reisch (على الأقل بالنسبة الى الأقسام النظرية) الا خلاصات جيدة مأخوذة من كتب كلاسيكية كتبها بروس Boèce . ورغم أن « ريش » يكتب باللاتينية وليس باللغة العامية ويتوجه الى المثقفين ، رغم ذلك فهو يهتم لا بالنواحي النظرية من هذه العلوم بل بالناحية العملية التطبيقية . والحساب - وقد سار فيه حتى القاعدة الثلاثية هو قبل كل شيء العلم أو الفن الحسابي : حساب بواسطة القشة أو حساب بالقلم . ويعلم « ريش » الأسلوبين . فيعلم الأسلوب الثنائي بشكله المعادي وبشكله الستيني (وهذا الحساب ضروري للحسابات الكهنوتية ولعلم الفلك ولهذا علم طيلة القرن السادس عشر) . وكذلك الهندسة : انها قبل كل شيء فن القياس الذي يستطيع ، في تطبيقاته العملية ، الاستغناء عن الدقة النظرية المستحيلة وهذا المفهوم العملي يبدو من خلال الجداول الرمزية التي تزين الصفحات الفاصلة بين الكتب او الأقسام المخصصة لمختلف فروع الرياضيات . وهكذا من بين الأشياء التي تحيط بكتاب « الهندسة » يوجد برميل وفوقه مقياس للسعة تيناً لاهيتها ، ذلك أن فن قياس سعة البراميل يحتمل في ألمانيا ، من بين التطبيقات الهندسية ، مكانة مختارة شبيهة بمكانة الحساب التعدادي بالقشة في مجال الحساب العملي .

كتب الحساب وتطور الرموز الترقيمية - كريستوف رودولف **Christoph Rudolff** : ان الانتاج الرياضي في القرن السادس عشر ، الغزير (بعض مئات الكتب) يتألف في معظمه من كتب موجزة ، لا تقدم اكتشافات مهمة ، ولكنها لعبت دوراً من الدرجة الأولى في تنظيم المعرفة المكتسبة من حيث عرضها وتنظيمها ، وخاصة في ألمانيا ، في وضع الترميز الجبري .

من بين أوائل الكتب المتداولة في الرياضيات باللغة الألمانية ، خلال القرن 16 نجب الإشارة الى كتب آدم ريز **Adam Riese** ، معلم مكلف بتعليم الحساب في أوففورت وآنابرغ (1525) . وقد عرف شعبية كبيرة حتى ان اسمه اصبح مرادفاً للحاسب . وهو كان واعياً للصعوبات التي يقترن بها تعلم فن العد بالقيشة المعقد والدقيق ، وكذلك العد بالأرقام ، ولذا اعد كتاباً واضحة جداً . وأولها كتاب حساب على أساس القيشة (1518) ادخله في كتاب الكبير (*Rechnung*) (أوففورت 1522) .

وفي سنة 1550 نشر « ريز » كتاباً كاملاً بالحساب « *Rechnung* » وفيه ينحاز تماماً للحساب بالقلم . هذا الحساب العملي ، الأفضل في القرن 16 كان الأكثر انتشاراً طيلة القرن (38 طبعة طيلة القرن) .

اول كتاب عملي باللغة الألمانية كان كتاب « كريستوف رودولف » : « *Behend und hubsch* » (ستراسبورغ 1525 وأعاد طبعه ستيفل سنة 1553) . ولا عداد لهذا « الجبر » (*coss*) استعمل « رودولف » كتاب « ريز » الذي بقي بدون طبع ، وكذلك مخطوطة تعود الى بداية القرن 16 ، تبين كيفية استعمال العلامات + و - من قبل الجبرين . وثار « رودولف » ضد التعقيدات والتكثير من القواعد غير المفيدة . . وكان واعياً جداً لقيمة ولاهمية التبسيط ، في الجبر ، بواسطة العلاقات الخاصة بالمقادير وبالعمليات . إلا ان « رودولف » في ترميزه لا يجدد إلا جزئياً . فهو يستعمل عبارات و « اشارات جبرية (*cossiques*) سبق استعمالها ، مع بعض التغيير ، في عدة مخطوطات المانية من القرن 15 بحروف ورموز مؤلفة من الأحرف الأولى (الأحرف الفوطية) من اسماء المثلثات (راجع الصورة 2) :

الصورة 2 - اشارات الجبر الكوني سنأ « جبر » وودولف (1525) : ثابتة ثم المثلثات التسعة الأولى للمجهول .

g	dragma oder numerus	f	furfolidum
ae	radix	ae	gensficus
z	gensfus	ff	bisfurfolidum
ee	cubus	zz	gensgensfdegens
zz	gensfdegens	ee	cubus de cubo

لقد تحمل « رودولف » عن الحرف R/ وتبني اشارات خاصة منها استو ترميزنا ، وبهذا بدا اكثر ثورية :

جلد رباعي ✓ جلد تكعيبي w جلد تربيعي W

إنه ترميز ناقص ولا شك وقد حاول ستيفل Stifel أن يحسبه .

وقد تميز كتاب بتروس أبيانوس Petrus Apianus (= بينيفرتز أو بينوتيز Bienevitz ou Benewitz) (Eyn Neue und Wolge gründte) (انفولستاد، 1527) ، من جهة لأنه مثل شوكيه Chuquet وربما بتأثير منه حدد عند الصفر أول حد من حدود التضاعدية الحسابية التي وضعها متطابقة مع عدة تضاعديات هندسية . وقد ركز على أمر هو من أجل ضرب اعداد هذه السلسلة فيما بينها يكفي جمع مثلثاتها « Exponents » (الحدود المقابلة في السلسلة الحسابية) وقد سماها « التواقيع أو المؤشرات » . ومن جهة أخرى، وهذا ما اعطى لكتابه أهمية اكيدة في تاريخ الرياضيات الأوروبية، عرض أبيانوس Apianus في كتابه المثلث الحسابي المسمى مثلث باسكال (Pascal) . والذي عرّفها العرب والصينيون منذ زمن بعيد (راجع مجلد واحد القسم الثالث ، الفصلان 2 و 4) والذي جهله الغرب حتى ذلك الحين . والاهتمام المبذول بارز بفعل أنه أعاد ابراز هذه المثلث الحسابي على الصفحة الخارجية من كتابه . وقبل أن يدرس بشكل منهجي من قبل « باسكال » (1654) أعاد كثيرون رسم هذا المثلث الحسابي خلال القرن السادس عشر والسابع عشر ، ومنهم ستيفل Stifel ، وشيبل Scheubel في ألمانيا ، وبيلتيه Peletier في فرنسا وتارتاغليا Tartaglia وبومبيلي في إيطاليا واوترد Oughtred في إنجلترا .

والعمل العلمي عند أبيانوس Apianus متنوع جداً ، فقد أعاد نشر « Ponderibus » لمؤلفه جوردان جوراريوس Jordanus Nemorarius (1533) كما أعاد طبع التوريكالوريوس Peurbach (1534) والأونيكالويلو Witelo (1535) . أما كتابه كوسموغرافيا Cosmographia (لاندشوت 1524) المعاد طبعه من قبل جما فريزيوس Gemma Frisius سنة 1533 فقد أعيد طبعه كثيراً وترجم خلال القرن السادس عشر . وأما كتابه حول الفلك التنجيمي (انفولستاد، 1540) فهو مخطوط مدهش تبدو فيه عملية تحركات الكواكب من خلال رسوم متحركة رائعة . ونشر أبيانوس Apianus سنة 1533 أول جدول للجيب Sinus المطبوع (الزوايا من صفر إلى تسعين متغيرة من دقيقة إلى أخرى باعتبار الشعاع Sinus totus يعادل 10^5) مستعملاً مخطوطات رجيومونتانوس Regiomontanus الذي نشر شونر Schöner جداوله سنة 1541. ونضمن كتابه المسمى انسترومانت بوش Instrument Busch (انفولستاد 1533 ، ترجمة لاتينية 1534) وصفاً لآلة تحدد تلقائياً الجيوب والجيوب المقلوبة في زوايا الربع الأول من أصل أربع الدائرة .

كان جما فريزيوس Gemma Frisius (1508 - 1555) استاذاً في لوفان - واشتهر بأنه أحد الأوائل الذين اقترحوا تحديد خطوط الطول بواسطة الفرق بين الأزمنة المحلية ، وبأنه كان الأول في اقتراح تحديد المسافات بين نقطتين بواسطة تثليث حتى (1533) . ولكنه في زمنه اشتهر قبل كل شيء بكتابه ارغيتيكا أو الحساب الميسر بأساليب سهلة (انفرس 1540) . وهذا الكتاب هو أكثر الكتب الجامعية شعبية في القرن السادس عشر (60 طبعة قبل 1600 وطبعات كثيرة في القرن السابع عشر) . وقد مدحه معاصروه ووضحوه وبساطته خاصة فيما يتعلق بعملية استخراج الجذور الصعبة .

مؤلفات ستيفل Stifel : أن ميشيل ستيفل Michael Stifel (1487 - 1567) الذي وضع ارقميتيكا انتجرا Arithmetica integra (نورامبورغ 1544) والذي كتب له ميلانكثون Melanchthon مقدمته، دوتش ارقميتيكا Deutsche arithmetica (1545)؛ ثم طبعه طبعة ثانية وزاد عليه من كوس رودولف Coss Rudolff (1553-1554)، يعتبر مع جون ورنر Johann werner واحداً من الرياضيين الألمان الأكثر نبوغاً في عصره . وهو يجد الجبل الى التبسيط وإلى المنهج في النظرية وفي الترميز ، خاصة في الرياضيين الألمان يومئذ . وبرزت هذه الخاصية فيه بشكل حاسم واضح ، وستيفل Stifel لم يكن محاسباً محترفاً ولا جامعياً ، بل كان متعصباً للوثر Luther ، وظل لسنوات طويلة واعظاً متجولاً باسم الإصلاح الديني ، وقد جذبه في بادئ الأمر صوفية الأعداد . وكان كتابه الأول (1532) يتضمن تنبؤاً مبنياً على تفسير نبوءات دانيال Daniel . تفسيراً عديداً ، بالتدريج وحتى بالساعة التي ينتهي فيها العالم (في سنة 1532) ولكن فشل هذه النبوءة وتوبخ لوثر Luther له حملاً - لفترة قصيرة - على دراسة الرياضيات البحتة ، وبصورة خاصة دراسة كوس لودولف Rudolff ، ثم أعمال نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، وريز Riese ، وفورر Dürer ، وكاردان Cardan . فضلاً عن ذلك وصلت إليه بغض تصورات شوكيه Chuquet .

والشيء الملفت في كتابه ارقميتيكا Arithmetica integra لسنة 1544 ، هو الأهمية التي يعلقها « ستيفل » على دراسة التصاعدات (الحساب والمتنسة) . فهو لم يكتف بتخصيص فصل من كتابه لهذه التصاعدات بل فسرها مرتين بأن الرابط بين هاتين التصاعدتين يتضمن مفتاح كل الحساب وكل الجبر . وكانت اصداء هذا التصور المأخوذ عن شوكيه Chuquet موجودة هنا وهناك في كتب الجبر ولكن أياً منها لم تكن عنده الشجاعة لاتباعها حتى النهاية ، وبالتالي تطويل السلسلة الحسابية في مجال الأعداد السلبية . ولكن « ستيفل » قام بالأمر بلون تردد . واعتبر الأسس السلبية - وإلى « ستيفل » يعود الفضل في تسمية كلمة Exposit - متطابق تماماً مع الأسس الايجابية . وارتدت السلسلتان عنده الشكل التالي :

.....	—3	—2	—1	0	1	2	3	4	5
.....	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8	16	32

ويوضح « ستيفل » أن السلسلتين يمكن أن نمحدا إلى اللانهاية .

ويعالج كتاب الأرقميتيكا الأعداد الصحيحة (ذات الجذر الصحيح) والأعداد غير الجبرية كما يعالج الجبر . ولاستخراج الجذور يستعمل « ستيفل » بصورة منهجية « الثلث الحسابي » ، وبحسبه حتى السطر السابع عشر ، ويضيف أن قاعدة التكوين تسمح بمجد الجدول حتى اللانهاية . واستند إلى اقليدس Euclide فقال بأن الأعداد غير الجبرية ليست اعداداً بحق . لا شك أن لها شيء من الواقع إلا أنها ترتدي نوعاً من اللانهاية وبالتالي من اللامحدودية ، وهي مثل التلدد اللانهاية ليست

اعداداً حقة . وقد نقل « ستيفل Stifel » هذا التصور الى الهندسة مفتتحاً اثر نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، فميز بين الدائرة الرياضية والدائرة الفيزيائية لاختلاف الخصائص بينهما .

وفي الكتاب 3 حاول « ستيفل » متمشياً مع الاتجاه الذي طرحه رودولف Rudolff ، وربما متأثراً بمنحى كاردان Cardan ان يقلص تعدد القواعد الكوسية وان يستبدلها بقاعدة واحدة يمكن ان تلخص كما يلي : من اجل حل مسألة معينة يجب وضع معادلة باسطة حالتها (أي الحالة التي يكون فيها الجذر ذو الدرجة العليا من المجهول في جهة ، وكل الباقي في جهة اخرى) ثم قسمة المعادلة على معامل (Coefficient) هو المعامل ذو الحد الأعلى ، ثم استخراج الجذر التربيعي من التعبير المعادل للمجهول .

وبساطة هذه القاعدة ظاهرية اكثر مما هي فعلية وبعدجا تظهر الاشكال التقليدية في الأمثلة . وهذا الشأن لا يقل « ستيفل » معادلات تكون فيها الحدود الايجابية مساوية لحدود مزودة بإشارة سلبية ، كما انه يفرض الجذور السلبية في المعادلة . وهذا الرفض يبدو غريباً لأن « ستيفل » في امكنة أخرى لا يرفض الأعداد السلبية . ولكن هذه في نظره ليست اعداداً حقة بل اعداداً مستحيلة ما دعنا نفترضها أقل من الصفر .

ويتهني كتابه بسلسلة من المسائل الصعبة مأخوذة غالباً عن براكتيكا ارثميكتيكا (1539) الذي وضعه كاردان Cardan وهي تؤدي أحياناً الى معادلات من الدرجة الثالثة أو الرابعة . ويجاري « ستيفل » وهو يستعمل الاشارتين + و- ، «رودولف» في ترميز الدالة الاسية (Puissances) . ويعتمد الإشارة $\sqrt{\quad}$ وكأنها المعادل لـ $\sqrt[3]{\quad}$ وتعني جذر ولكنه يضيف اليها إشارة كوسية لكي يدل على مرتبتها وهكذا يعتمد : $\sqrt{\quad}$ و $\sqrt[3]{\quad}$ و $\sqrt[4]{\quad}$ للدلالة على $\sqrt[3]{\quad}$ و $\sqrt[4]{\quad}$ و $\sqrt[5]{\quad}$. ويسدو أن « ستيفل » أراد أن يبرز التطابق بين القوة والجذر .

وفي الدوش ارثميكتيكا يعتمد « ستيفل » ترميزاً قريباً من ترميز «رودولف» ولكنه في الطبعة المعادة، لكتاب كوس COSS لـ «رودولف» عاد الى ترميزه الخاص ، الذي بسطه في حالة الجذر التربيعي ، فكتب $\sqrt{\quad}$ بدون إشارة فوقها . وهذا الاستعمال شاع بعده . وانتشر ترميز « ستيفل » بسرعة ، في ألمانيا كما في فرنسا وفي انكلترا وحتى في إيطاليا .

وفي المسائل التي تبدو فيها عدة مجهولات ، يسمى « ستيفل » هذه المجهولات -جذوراً ثانياً ، ثالثاً، الخ ويشير اليها بالأحرف A,B,C, مكررة عدداً من المرات يعادل الدرجة التي تعطي رقماً يوضع فوق مجموع الحروف .

وهكذا نكون على عتبة الترميز العصري ، ويمكن التعجب من عدم تخطي « ستيفل » لما - خاصة ان فكرنا بالتطابق الذي يجريه بين الأعداد والأشياء أو القوى Puissances ، وبالدلالة على المجهولات بالحروف ، وبدلنا عجزه عن القيام بالخطوة الحاسمة ، إلى أنه كي ينتقل من الترميز لتجزأ «Syncopee» الى الترميز الرمزي ، كان عليه أن يتخطى صعوبة أساسية : التجاح في تجزئها

العمليات من الأشياء التي تطبق عليها ، أو تتناولها ، وجعلها مواضيع خاصة فكرية خالصة . ولن نعجب إذن من ضرورة وجود شخص مثل فيات (Viète) أو حتى مثل ديكارت Descartes ، ليقوم بهذا العمل الواعي .

2 - المدرسة الإيطالية وتمجيد الجبر

الكتب : في هذا القسم الأول من القرن السادس عشر ، وفيه حاول الرياضيون الألمان أن يبسطوا القواعد الجبرية ، ووضع نظام ترميزي أكثر تماسكاً وأكثر منهجية ، كان الإنتاج الرياضي الإيطالي فقيراً نسبياً . فاعيد طبع كتاب بيترو برجي Pietro Borghi (ثلاث طبعات في القرن 15 و 12 في القرن 16) وكتاب « سوما » Summa لباسيولي Pacioli . ومن بين الكتب الجديدة يشار الى كتب جيرولامو Girolamo و吉安 انطونيو تاغليانتي Gian Antonio Tagliente (أوبرا شي. . . Opera Che) البندقية 1515 ، فضلاً عن 30 طبعة في القرن 16 لكتاب فرانسيسكو فيليسيانو دا لريزو Francesco Feliciano da Lazesio (ليسرو دي اباكو ، Libro de Abaco البندقية 1517) ، وفرانسيسكو غاليني Francesco Ghaligai (فلورنسا 1521) .

ان ايأ من هذه الكتب لا يأتي بشيء جديد ، ومحاول كتاب غاليني Ghaligai أن يدخل ترميزاً جبرياً بواسطة الرسوم الهندسية ، الصعبة الاستعمال ، ولكن هذا الترميز لم ينجح . وظل الرياضيون الإيطاليون امناء كلياً لنظام باسيولي Pacioli ، ولم يتقدموا خطوة الى الامام الا مع بومبيلي Bombelli .

الانتاج الجبري في المدرسة الإيطالية : وكما سبق القول ، ظهرت في ايطاليا ، تبعاً ، سلسلة من الرياضيين المرموقين : Scipione del Ferro, Tartaglia, Cardan, Ferrari, Bombelli الذين لم يستطع جماعة ما وراء الألب ، حتى ستيفن Stevin وفيات Viète ، مبادراتهم ولا مجازاتهم ، وبواسطة هؤلاء حصل الاختراق الذي حل العلم الغربي الى افاق لم يصلها الا الأقدمون ولا العرب والذي حول الجبر من « مجتزأ » الى جبر رمزي . هذا التقدم الخامس هو حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة من قبل فرو Ferro وتارتاغليا Tartaglia وكاردان Cardan وفاراري Ferrari . ويبدو لنا أنه من الطبيعي ، بعد الحصول على حل للمعادلة من الدرجة الثانية ، انتقل الفكر الرياضي للبحث عن حلول للمعادلات من درجات أعلى ، ويلزم لذلك الكثير من العبقرية ومن الشجاعة ، لرياضي في مطلع القرن 16 لكي يسير في طريق لم يسقه فيها أحد ، بحيث يكون . حقاً أن يعتقد انها غير سالكة .

الصراع حول المعادلة من الدرجة الثالثة وعمر كوها الأوائل : يعتبر تاريخ اكتشاف حل المعادلة من الدرجة الثالثة مشهوراً من بين الجميع . انه تاريخ أول معركة علمية كبيرة ، معركة متعبة وعقيدة تشبه الحصومات التي كانت تدور حول الأفضلية والتي كانت تسمم جو جمهورية الأداب « في القرن السابع عشر والقرن الثامن عشر . وهذا التاريخ بقي رغم الدراسات العديدة التي خصصت له ، غامضاً نوعاً ما : فالمستندات الأساسية تنقصنا ، اما الشهود على القضية وهم شهود لصالح انفسهم ، مثل

«تارتغليا» و«كاردان» و«فيراري»، قلما يوحون بالثقفة المطلقة. والمحرك الأول لهذه المسألة: سيبون دلفيرو Scipione del Ferro (1465-1526) غير معروف لدينا إلا أنه كان استاذاً في جامعة بولونيا من سنة 1496 إلى 1526. امانيكول تارتغليا Niccolo Tartaglia فكان رجلاً صعلوكاً. ولد في برسيا حوالي 1500. وفي 1512 جرح في وجهه أثناء حبه مدينته من قبل جيش غامستون دي فوا Gaston de Foix. وظل لمدة طويلة يمنعه الجرح وتفاعلاته من حسن لفظ الكلام. ومن هنا لقبه تارتغليا الجي Tartaglia (le bègue). وهذا اللقب لازمه طول حياته. لم يتسبب إلى أمة جامعة ولكنه أعطى دروساً عامة وخاصة في فيرونة ومانتو والبندقية حيث استقر سنة 1534. ومات سنة 1557.

أما جيروم كاردان Jérôme Cardan (Gerolamo Cardano) فشيء آخر. لقد كان شخصية بارزة. وابناً بحق لمعصر النهضة الايطالي حيث كان طبيباً وفيلسوفاً ومنجماً ورياضياً وربما ساحراً، وكاتباً غزيراً، ولا أحد مثله يمثل عبارة سيناك الشهيرة $nullum unquam magnum ingenium sine mixtura dementiae$ كما يقول جينولوريا Ginoloria. ولد كاردان في بافي سنة 1501. ودرس فيها وفي بادو حيث تخرج طبيباً. وقد ذاع صيته في أوروبا كطبيب. وعلم على التوالي في ميلان وبافي وبولونيا، ولم يترك أمكنته هذه الا بعد حوادث مأسوية نوعاً ما. وفي سنة 1571 لجأ إلى روما حيث حصل على مصلح تقاعدي من البابا ومات فيها سنة 1576.

أما ليدوفيكو فراري Ludovico Ferrari فهو التلميذ الذي يليق بكاردان Cardan، فقد كان مقامراً ملحداً متحلاً. رافق «كاردان» ثم أصبح تلميذه. ولد هذا العبقري في الرياضيات سنة 1522. وفي سن الـ 23 وجد حلاً للمعادلة من الدرجة الرابعة، وكان سنه 21 سنة حين حصل على منبر في ميلان، ثم كلف بضبط المساحة في دوقية ميلان. وترك هذا المركز وذهب إلى بولونيا حيث نال سنة 1565 لقب دكتور. وحصل على منبر فيها حيث مات في نفس السنة بعد أن سممت له أخته على ما يبدو.

الاكتشافات الأولى - في بداية القرن 16 عثر ميبليون فرو Scipione del Ferro على حل لشكل من اشكال المعادلة من الدرجة الرابعة وهي $x^3 + ax = b$. ولم ينشر هذا الحل ولم يعممه الا لبعض خاصته شرط: كتمانته. وكان منهم أشهر تلاميذه المعروفين انطون ماريا فيور Anton Maria Fior. وتحلى «فيور» «تارتغليا» لبارزة في الرياضيات طرح عليه فيها سلسلة من المسائل تعود إلى معادلة «فرو» وكان «تارتغليا» قد عرضت عليه منذ عدة سنوات مسائل مشابهة من قبل شخص اسمه زيان دي كوا Zuanne da Coi، وفهم عندئذ ان هناك حلاً للمسألة. وبجهد خارق استطاع ان يعثر على حل قبل أيام من نهاية المسابقة، كما اكتشف حلاً للمعادلة: $x^3 + a x^2 = b$. وهذا ما مكنته في النهاية من حل 30 مسألة مطروحة وبسهولة خالصة. اما المسائل التي طرحها «تارتغليا» على «فيور» فيقول «تارتغليا» ان هذا الأخير عجز عن حلها. والأمر الغريب ان «تارتغليا» بدوره كتم

السر ولم ينشر اكتشافه العظيم . وكتابه نونفا سينتا La Nova scientia الذي نشره سنة 1537 عالج مسألة القاذفات ولم يبحث في الجبر .

تدخّل كاردان : عندها دخل كاردان Cardan في اللعبة . وفي سنة 1538 أعلم «تارتغليا» أنه يعد كتاباً عن الجبر وطلب منه أن يعطيه « القاعدة » . ووعده ان لا ينشرها الا باسم مبتكرها . ولكن «تارتغليا» رفض .

وكان كتاب كاردان 'Practica Arithmetica Cardan بركتيكا اريتميتيكا (ميلانو، 1539) كتاباً من الدرجة الثانية ، ولكن « كاردان » بدا فيه جبرياً ذكياً لا يبارى . ونشر الى معالجته الكاملة للتضاعدية الحسابية والهندسية والى سلاسل الأسيات Puissances . وفيه قبل بالأرقام وبالجلور السلبية ، لأول مرة بعد «شوكيه» ، حيث اعتبرها شرعية ، أما الحالة الخيالية فقد أعلن انها مستحيلة فقط . وخصص فصلاً لمسألة الأقسام Les partis . ويقدم لها «كاردان» حلاً يختلف عن حل «باسيولي» ولكن أكثر تعقيداً وخطأ ايضاً . اما ترميزاته المأخوذة من «باسيولي» فأكثر تعقيداً ، ولكنه عاجلها بمهارة ملحوظة . ولكن الشيء الذي يثير الاعجاب ، هو مهارته في معالجة المسائل الخاصة المعينة مثل اختيار المجهول ، والتحويل الى معادلة ، ثم استخدام المقادير الإضافية . فضلاً عن ذلك درس عدداً من المعادلات من الدرجة الثالثة حولها الى معادلات تربيعية باكملها أو بتفكيكها الى عناصر أو عوامل .

واهتمامه بهذه المعادلات يفسر مسعاه العقيم لدى «تارتغليا» ، الا أن «كاردان» لم ييأس وكرر محاولاته حتى استجاب له «تارتغليا» واعطاه الحل انما بشكل شعر منظوم . وعرف هذا الحل باسم «صيغة كاردان» . ويقوم ، (من اجل حل المعادلة $x^3 + px = q$) على ادخال مجهولين اضافيين v و w بحيث أن $vw = (p/3)^3$ و $v - w = q$ ، ويتّج عن ذلك أن :

$$x = \sqrt[3]{v} - \sqrt[3]{w} = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} - \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} .$$

ويطبق تغيير أو تبديل في المتغيرات مماثل ، على المعادلة $x^3 = px + q$:

وفي سنة 1539 رفض «تارتغليا» الاجابة على أسئلة تتعلق بالحالة المسماة « مستعصية » والتي عنوانها الا معادلة الثانية $\left(\frac{q}{2}\right)^2 > \left(\frac{p}{3}\right)^3$ التي تجعل التعبير : $\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}$ « مستحيلًا (خيالياً) » .

وقد لاحظ « كاردان » عندئذ أن المعادلة تقبل في هذه الحالة حلاً بل وثلاثة حلول صحيحة .

الفن الأسمى «آر ماغنا» : اصدر « كاردان » كتابه آر مغنا بعد أن اعتقد أنه تجاوز في نظريته «تارتغليا» (نورنيورغ 1545) دون ان يشجر « تارتغليا » بالأمر . وفي هذا الكتاب عرض « كاردان » ، في ما عرض ، الحلول للمعادلات من الدرجة الثالثة . وعزا ابتكارها الى سيبيون Scipione del Fer-

ro وإلى «تارتغليا». وفيه يذكر كل الأشكال الممكنة لهذه المعادلات التي يعالجها بموجب امثلة رقمية ووفقاً لأساليب قريبة جداً من الأساليب التي نتبعها نحن .

وحول بعض هذه الأمثلة يلاحظ أن مجموع الجذور يعادل معامل الحد Term من الدرجة الثانية ، في حين أن ناتجها يعادل الحد الثابت ، مفتتحاً بهذا النظرية الحديثة في المعادلات الجبرية .

نشير أيضاً ، أنه لأول مرة في الغرب ، يعالج « كاردان » الحل المقارب للمعادلات العبدية ، وإنه رغم رفضه قبول الأعداد السالبة كأعداد « حقة » ، لم يتردد في إجراء حساب بواسطة جذور الأعداد السالبة (أعدادنا التصورية الخيالية) . وإن لم يستقد أية افادة من هذا الحدث ، العجيب رغم كل شيء ، وهو أن « العدد الحقيقي يتولد انطلاقاً من المستحيل » ، في حين أن بومبلي Bombelli سوف يفهم كل أهميته بعد عدة سنوات .

ويتضمن « آر مغنا Ars Magna » أيضاً عرضاً لاكتشافات فراري Ferrati المتعلقة بحل المعادلات من الدرجة الرابعة ، بواسطة طريقة أصبحت اليوم كلاسكية .

وفي السنة التي نلت اجاب « تارتغليا » في كتابه « مسائل وحلول » Quesitis et inventioni (البنديقية 1546) واتهم «كاردان» بأنه لم يزد على أن كشف عن أساليب اعطاه هو إياها بشرط السرية . فرد فراري Ferrari بمقالة عنيفة (كارتلودى سفيدا 1547) حيث اتهم « تارتغليا » بأنه سرق « دل فرو » ومعداه في الرياضيات . ورد « تارتغليا » بمقالة جوابية (ريسبوسنا) اتبعها بستة كارتلي Cartelli وستة اجوبة متتالية ، دونما فائدة سوى اظهار براعة الخصمين في حلول المسائل المتنوعة .

المنشورات الأخيرة عند تارتغليا Tartaglia وكاردان Cardan: يعتبر « الكتاب العام في الأعداد والمقاييس » General Trattato (البنديقية 1556 - 1560) وهو مطبوع بعد وفاة « تارتغليا » عملاً ضخماً (6 أقسام) مبنياً على نموذج «السوما Summa» لباسيولي Pacioli ، ولكنه معروض بوضوح أكبر . ويسود أن المؤلف أراد أن يناقش « كاردان » وبياره . كما أن اثر ستيفل Stifel فيه بارز واضح . واستعمل المثلث الحسابي في حساب تحليلي توافقي Combinatoire وفي البحث عن جذور الاشارات indices العليا .

أما « كاردان » فالأعمال الرياضية التي نشرها بعد « آر مغنا Ars magna » لم تلاق نجاحاً كبيراً ، وظهور « الجبر » لبومبلي سنة 1572 ، جعلها عتيقة تماماً . ولكن نلاحظ في «الأرمغا » (تاريخ غير مؤكد) وجود استباق لقاعدة اشارات الجذور التي قال بها « ديكارت » ، وفي كتاب (Opus novum di proportio) (1570) مناقشة حول زاوية الامكان (Contingence) . وفي كتاب سوبتيليت Subtilitate « نورنبورغ 1550 » ، وبعدها الكثير من الطبوعات والترجمات « اعتمد «كاردان» وجهة نظر كامبانوس Campanus وبعدها تبدو زاوية الامكان ، وهي اصغر من كل زاوية مستقيمة ، وكانها تقدم مثلاً عن قيمة صغيرة جداً موجودة بالفعل لا بالقوة . هذا التصور المضلل -

المحارب من قبل جاك بلتيه Jacques Peletier الذي اكد بحق ، سنة 1559 ، أن هذه الزاوية علم - عاد اليه كاردان Cardan في هذه المعالجة الجديدة . ونشر أخيراً الى محاولة ، نشرت بعد موت « كاردان » ، سنة 1663 في كتاب Opera Omnia (ليون 10 مجلدات)، يدرس فيها « كاردان » تحت عنوان ليدو آليا (De Ludo aleae) عبر تجربته كمقامر في لعبة الكشاشين، الاحتمالات القائمة في مختلف الضربات ، الخ. وهكذا ساهم في حساب الاحتمالات .

بومبلي Bombelli وجهره : بلغ الجبر الايطالي مع « بومبلي » أوجّه الأعلى . وكان صاحب « الجبر » الشهير : *l'algebra, parte maggiore dell'arimetica, divisa in tre libri* (L' هو الأول ، وظل كذلك لمدة طويلة ، الرياضي الوحيد الذي تجرأ على قبول « وجود » الأرقام الخيالية ، وبالتالي تقديم بعض الضوء على احجية « الحالة المستحيلة الحل » في المعادلات من الدرجة الثالثة . وكتب بومبلي Bombelli ، بحكم مهته كمهندس تخطيط مائي ، من بولونيا (الاطالية) ، بين 1557 و 1560 نسخة اولى من كتابه الذي وجده ونشره ي . بورتلوتي E. Bortolotti (1929) . فبعد ان قام «بومبلي » بترجمة مخطوطة عن « حساب » ديوفانت Diophante تأثر بها بعمق ، وطبعت روح هذه المخطوطة الصيغة المكتوبة لكتاب «الجبر» الذي نشر في بولونيا سنة 1572 .

يقسم كتاب « الجبر » الى ثلاثة أبواب (كتب) : الأول مخصص لحساب الأسيات. Puissances والجلور. في مخطوطة 1560 رُمِزَ الى الجلور بالعلامة المعتادة R ، أما مرتبتها فتظهر من الأس R^p Exposant ، و R^p و R^q وذلك دلالة على $\sqrt[p]{R}$ و $\sqrt[q]{R}$. أما في النشرة المطبوعة ، فقد عاد « بومبلي » للأسف ، الى النظام الاختصاري المعتاد $R.g$ للدلالة على $\sqrt[q]{R}$ و $R.e$ للدلالة على $\sqrt[p]{R}$. أما التعبير الذي يتناول استخراج الجذر فيحاط إما بخطوط مستقيمة (في المخطوطة) أو بالرموز L و I وهما اشارتان تقومان مقام الهلالين . عندنا (في الكتاب المطبوع)

$$\sqrt[5]{52 + \sqrt{0 - 2209}} \text{ تساوي } \sqrt[5]{52.p.Ry [0.m.2209]} \\ R.e.L.71.p.R.g.1088 L$$

أما الجمع والطرح فيدل عليها بحرف p =زائد و m =ناقص والضرب بكلمة (via) والنتيجة بكلمة fa .

وزيادة وخارجاً عن بعض التقدم التفصيلي ، قدم « بومبلي » الجبر خطوة الى الامام ذات أهمية لا تقدر قيمتها . فمما خص « الحالة المستحيلة الحل » في معادلة الدرجة الثالثة ، قرر أن يتعامل مع الجلور التربيعية للأعداد السلبية ، فطبق عليها القواعد الموضوعية لحساب جلور الأعداد الايجابية . واعتبر جذر العدد السليبي كحاصل أو ناتج عن ضرب جذر قيمته المطلقة بجذر العدد (1-) أي بالفرق (0-1) .

$$p.di.m. \sqrt{0-1} = Ry [0.m.1] \text{ ou plus di meno}$$

ونحن نرمز اليها بحرف i

أما : *memo di memo* أو *(m-di-m.)* فنرمز اليها بـ $\sqrt{0} - 1$ أي بـ -1 .

وقواعد الحساب مع هذه الكائنات الرياضية الجديدة تتوافق مع القواعد التي تتبعها ، باستثناء ان « بومبيلي » يكتب المعامل بعد الرمز *(p. di m. 2 pour 2 i)* لا شك أنه دفع الى هذا التجديد الثوري ، بفعل بعض المقاطع عند « كاردان » و« تارتغليا » . الا ان الاصابة العميقة في فكر « بومبيلي » بارزة بفعل أن « كاردان » نفسه ، بعد نشر « الجبر » أثار الاعتراضات ضد امكانية التعامل حسابيا بواسطة هذه الأعداد « المعقدة » . ويظهر تأثير ديوفانت *Diophante* في الكتاب 2 من « الجبر » الذي يتضمن النظرية الكاملة للمعادلات من الدرجات الأربع الأولى . وعلى هذا فالجهول يسمى « تانتو » أو « كاتيتا » ؛ والمربع « بوتنزا » . والأس *(Puissance)* ، العلم ، يسمى ، « ديفنتا » تحشياً مع « تارتغليا » . أما علامات او رموز « الآسيات » ، فتشبه رموز شوكيه *Chuquet* وهي من النمط « الآسي » اما دون تصوير للمجهول : والتثليل « *L'exposant* » يرمز اليه في نصف دائرة موضوعة فوق الأس المقابل : أي أنه يرمز إلى المعادلة $3 - 4 + 5$ بالتعبير

I. p. 4. m. 3

وهو استعمل قاعدة ضرب « الآسيات » ، عن طريق جمع المتقاتل (*exposants*) ، في حين يجهل « بومبيلي » المثل صفراً والمتقاتل السلبية . وهكذا يبدو متخلفاً عن ستيفل *Stifel* . ثم أنه قد تضابق من جراء عدم ابرازه المجهول بـ x ، ولا الكميات المعروفة بأحرف ، ولهذا عجز عن كتابة معادلة أو صيغة عامة . وهناك حد آخر لفكرته يقوم على تجاهله أهمية العدد السليبي . وقد تبع التراث حين اصر ان تكون كل الحدود (*Termes*) ذات قيمة او إشارة ايجابية . ولهذا فانه يميز بين الأشكال الكلاسيكية الثلاثة لمعادلة الدرجة الثانية وبين الأشكال الستة (ترينوم) للمعادلة التكميلية :

$$\begin{array}{lll} x^2 + px = q; & x^2 = px + q; & x^2 + q = px; \\ x^2 + px = q; & x^2 = px + q; & x^2 + q = px. \end{array}$$

وعالج الثلاثة الأولى بأسلوب « تارتغليا » ورد الثلاثة الأخيرة الى الثلاثة الأولى بادخال المجهول الاضافي $x/x = 1$. ويتيج تدخل الأعداد الخيالية حل « المسألة المستعصية » ، في حين ترد المعادلة الكاملة (ذات الأربعة اعداد أو حدود) . سنداً « لكاردان » ، الى الشكل الثلاثي (ترينوم) بواسطة مجهول اضافي . اما معادلات الدرجة الرابعة (ولها 44 شكلاً) فتعالج بأساليب فراري *Ferrari* . وذلك باختزال المعادلة الكاملة الى معادلة ذات اربعة حدود (بدون الحد x^3) .

وبراعة « بومبيلي » تبرز في حل المسائل التطبيقية ، وهي مسائل تعرض بشكل محدد في الصيغة المخطوطة ، وبشكل تجريدي في الكتاب النهائي ، حيث تقرن هذه المسائل بماثلة جديدة مأخوذة عن ديوفانت *Diophante* . نشير أخيراً الى أن الكتاب 3 يتضمن محاولة معالجة هندسية لمسائل في الجبر .

موروليكو *Maurolico* : انتجت ايطاليا اضافة الى هؤلاء الجبريين العظام ، في القرن 16 ، بعض الرياضيين الكبار ومنهم موروليكو *Maurolico* ، وبندي *Benedetti* ، وكوماندينو

Commandiano واليهام يضاف كلافيوس الذي ، وإن كان المانياً بالولد ، عاش وعلم في إيطاليا . كان فرانيسكو موروليكو Francesco Maurolico (1494 - 1557) من مسين ، وكان أحد اغزر الأدمغة في زمنه ، فكان رياضياً ، وميكانيكياً ، وعالم بصر ، ومؤرخاً ، وكتب كثيراً . ولكن للأسف الكثير من مؤلفاته لم يظهر إلا بعد وفاته ، وبشكل متأخر لم يؤثر في نمو الفكر العلمي . من ذلك أن حاشيته عن ارخميدس Archimède ، التي طبعت سنة 1594 ، لم تظهر بالواقع إلا سنة 1685 وترجمته لابولونيوس Appollonius . (الكتب الأربعة الأولى المحفوظة بالأغريقية مع إعادة للكتاب 5) لم تنشر إلا سنة 1654 ، وأما دراسته « حول النور والظل » « Photismi de lumine et umbra » وهو كتاب أصيل جداً ، سبق به بشكل مدهش بصريات كبلر Kepler فلم ينشر إلا سنة 1611 ، في نابولي بعد نشر كتاب كبلر « Ad Vitellionem paralipomena » .

ونشر موروليكو Maurolico في حياته عدة مؤلفات منها : كوسموغرافيا Cosmographia (البنديقية 1543) وبحث حول المزولة (الساعة الشمسية) (III De lineis horariis libri 1553) كما أعاد طباعة الأوبوسكولا Opuscula سنة 1575 . كما نشر مجموعة ترجمات لأعمال رياضية اغريقية : دوائر تيودوز Théodose ومينالائس Ménelaüs والكرة المتحركة لاتوليوكوس Autolýcus ، والمسكن (Habitationalibus) ، لتيودوز Théodose والظواهر « Phaenomenis » الأقليدس Euclide مسين 1558 . وظهرت كتب تفرييض الرياضيات والحساب « Opuscula mathematicorum libri » و « Arithmetica » في البنديقية سنة 1575 ، وفي مزولته يبين « موروليكو » ان الظل الملقى من قمة « عقرب » (عامود) المزولة هو دائماً ذو قطع مخروطي مختلف طبيعته ونوعه بحسب موقع سطح الالفاء (الاستقاط).

وتضمنت هذه المعالجة دراسة اجمالية للمقاطع المخروطية حيث ، تمثيلاً مع ورنر Werner ومعارضة لابولونيوس Apollonius ، قام « موروليكو » بمعالجة هذه المنحنيات وكأنها قطوعات مسطحة للمخروط . ونشر في « الأوبوسكولا Opuscula » ، الى تحديد مركز الثقل لمختلف الاجسام (أهرامات ، قطوعات الكرة ، وإلى القطع « المكافئ » الدائرة « Paraboïde de révolution » ، وأول فكرة عن التوافق بين اللزوات والأوجه في « الصفاح » أو « المتعدد الوجوه المنتظم » (Polyèdre) . ونجد في الأرتماتيكا استعمال الحروف بشكل منهجي بدلاً من الأعداد الخاصة ، كما نجد أول مثل على اسلوب التحليل الذي سمي فيما بعد « الاستقراء الرياضي » induction mathématique (البرهنة من الجزئي الى الكلي) .

يندلي Benedetti الرياضي : كان جان باتيست بندي Giambattista Benedetti (1530 - 1590) فيلسوفاً رياضياً ومهندساً في خدمة دوق دي سافوا Duc de Savoie ، وكان عالماً بالهندسة موهوباً وقد نشر باديء الأمر كتاباً عن اعمال اقليدس De resolutione omnium Euclidis problematum aliorumque (البنديقية 1553) ثم كتاباً عن المزولة (1574) . ونشر أخيراً في تورينو

(1585) كتاباً عن الرياضيات والفيزياء خصصه بصورة رئيسية لنقد «الدناميكا» لأرسطو، كما خصصه أيضاً للدراسات حول الحساب الهندسي والموسيقى، والمناظر... الخ وعولجت معادلات الدرجة الثانية فيه بروجة الهندسة القدية. ويبين بندتي Benedetti أيضاً كيف يمكن بناء شكل ذي أربعة أوجه ضمن دائرة، إذا كانت الأضلاع محدة المقاييس.

ترجمات كوماندينو Commandino : كان فردريك كوماندينو Federigo Commandino (1509 - 1575) طبيباً ورياضياً عند «دوق دورينو d'Urbino». ولم يكن رياضياً عظيماً. وعمله حول مركز الثقل في الأجسام - وإن استخدم فيه الأساليب المنتهية الصغر (الحساب التفاضلي) التي استعملها «ارخميدس» (بولونيا 1565) - أقل قيمة من عمل موروليكو Maurolico. وبالمقابل كان مترجماً مدهشاً ومجاهداً للأعمال الرياضية الأخرى: «ارخيدس» (البندقية 1558)، بولونيا 1565)، أبولونيوس Apollonius مع التفسير لبابوس Pappus وأتوسيوس Eutocius (بولونيا 1566)، والأناطلي Analemma لبطليموس Ptolémée (روما 1562)، وإريستارك دي ساموس Aristarque de Samos (بيزارو 1572)، وإقليدس Euclide باللاتينية، (بيزا 1572) وبالإيطالية (بيزارو 1575)، والنيوماتيك لهرن Pneumatique de Héron (أوربينو 1575)، وأخيراً المجموعة الرياضية لبابوس Pappus Collection mathématique de Pappus (بيزارو 1588). وإلى جانب هذا الانتاج الفخم، قام كزيلاندر Xylander بترجمة ديوفانت Diophante (بال 1575). وهكذا أصبح كل الانتاج الرياضي الأخرى، باستثناء القليل، بين يدي الغرب، في أواخر القرن السادس عشر.

كلافيوس Clavius. والتعليم: كان كريستوف كلافيوس Christoph Clavius من مامبرغ اصلاً (1537 - 1612). وكان استاذ رياضيات مشهوراً بحث في كلية جمعية يسوع في روما، ولعب دوراً أساسياً في انشاء الرونزامة الفريغورية. وكان كتابه «أوبرا الماتيماتيك» Opera mathematica (ماينس 1612) يتضمن خمسة مجلدات نصفية (in folio). وأصبحت ترجمته الممتازة مع الشروحات «لاقليدس» (1574) الطبعة المقياس وظلت كذلك حتى القرن 17. واعتمدت كتبه في الحساب والهندسة والجبر والمزاو والفلك بفضل نفسها التعليمي وبفضل موقع مؤلفها، في الكليات اليسوعية. (إذ في كتاب «كلافيوس»، الذي يسط اشارات «ستيفل»، تعلم «ديكار» الجبر عند لافليش La Flèche). وجعلت هذه الكتب من «كلافيوس» سيد الرياضيات في أوروبا الكاثوليكية.

3. ما قدمته المدارس الأخرى

الانتاج الرياضي الفرنسي: خارج ألمانيا وإيطاليا كان التقدم الرياضي في القرن السادس عشر مختصراً جداً. وحتى جي فيات Viète الذي لم ينشر عمله إلا في القرن التالي، ظل الأدب الرياضي الفرنسي مرتبطاً بالانتاج الإيطالي والألماني ولم يلحقها عموماً إلا متأخراً.

كان جاك ليفير ديتابل Jacques Lefèvre d'Étaples (1455-1536) فيلسوفاً ولاهوتياً وإنسانياً. ونشر طبعات عن حساب بويس Boèce (باريس 1503)، وكذلك عن حساب جوردانوس غوراريوس Jordanus Nemorarius (1496)، كما نشر الأسفار لساكروسيونيكو Saphaera de Sacrobosco (1499، عدة نسخ) والأوبرا أومنا لنيقولا دي كوي Opera (1514) Omina de Nicolas de Cues. وكان يحلّ هذا الكتاب الأخير هو ومدرسته. وأخيراً، في سنة 1516 نشر طبعة لعناصر «أقليدس»، مع ترجمة لكيمانوس Campanus وترجمة لزامبرتي Zamberti وكذلك تفسيرات هيبسكيلس Hypsiclès وتيون الاسكندراني Théon D'Alexandrie.

ونشر تلميذه شارل بويل Charles de Bouelles (1470 - 1553) المعروف كفيلمسوف ولاهوتي، «مدخلاً إلى الهندسة» باللغة اللاتينية (1503)، وكتاباً عن الهندسة العملية بالفرنسية (وهو كتاب فريد ومفيد يبحث في الهندسة وتطبيقها باريس 1511). وقد أعيد طبعه بالفرنسية كما باللاتينية. ونشير أيضاً إلى دراسته حول المصنّف المنتظم والمصنّف المنجم. أما السيكلوسيد أو الدوائري، ويعزى إليه اكتشافه، فقد التبس عليه أمره بحيث خلطه مع قرص من الدائرة وسعى إلى استخدامه في محاولاته لتربيع الدائرة، مستلهماً من دون شك نقولا دي كوي Nicolas de Cues وظهرت بعض الكتب حول الحساب التجاري في مطلع القرن. ومستواه متدنٍ باستثناء «الحساب» لأتيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520) الذي أخذ محتواه من تري بارتى Tri-party لشوكيه Chuquet بعد أن أهمل اكتشافه الكبير حول المثلث Expositio صفر والمثلثات السلية، وعن «سوما» باسيولي Pacioli، وهو كتاب يمتاز في عصره. وقد نقل بعض تصورات «شوكيه»، وأهم بصورة خاصة بومبيلي Bombelli فكرة الترميز الأسّي أو التثقيلي.

وكان أورونس فينه Oronce Finé (1494 - 1555) أول صاحب منبر للرياضيات في الكلية الملكية (قبل 1532). ولعب في عصره دوراً ودفاعاً صيته. إلا أن مؤلفاته هي من الدرجة الثانية: إعادة طبع: «مرغريتا فيلوزوفيك» Margarita Philosophica. ثم «تيوريكا نوفا... Theori-cae Novae...» لبورباخ Peurbach طبعة أغريقية لاتينية لستة كتب لأقليدس Euclide، نشر كتاب ابتدائي كامل تقريباً من الرياضيات النظرية والتطبيقية ثم بروتوماتيزيس Protomathesis (1530 - 1532) الذي أعيد طبع مختلف أجزائه على حدة باللاتينية والفرنسية الخ. وقد اهتم فينه بصورة خاصة بالحساب الستيني ويوضع الرسوم الهندسية وتحويلها بعضها إلى بعض. وزعم أنه يعلم الحل الدقيق لتربيع الدائرة (كوادراتورا سركوي De quadratura circuli، باريس 1544)، وغيرها من المسائل الأخرى الشهيرة في العصور القديمة (مثل تضعيف المكعب، ونجزة الزاوية، الخ) بواسطة النسبة الإلهية (... باريس 1559). وقد أثارت محاولة «فينه»، تربيع الدائرة، الانتقادات العديدة وأهمها انتقادات بلرونوز وجوانس بوتو Pedro Nunez Joannes Buteo.

واسم هذا الأخير الحقيقي جان بورل Jean Borrel. وقد انتقد محاولات تربيع الدائرة عن «فينه» و«ستيفل» (ليون 1559) وطور أسلوباً غريباً في تضعيف المكعب عن طريق التفرير.

المتتالي . وحاول (في كتابه لوجيستكا ... ليون 1559) . أن يعيد النظر في هندسة الترميزات والتعبير الجبرية ، واستبدل كلمة « راديكس » بكلمة « لاتوس » . وعرف المجهول « دس » بالحرف ب ، « P » وعرف المربع بمربع قائم على إحدى زواياه ... اما المعادلة فقد رمز اليها بزوايه . [وعندما كانت المعادلة تتضمن عدة مجهولات كان « بوتو » يعرفها مثل ستيفل Stifel بالحروف الكبيرة لتجنية . -

وعن جان بُلْتِيه مانس Jacques Peletier du Mans (بَلْتاريوس 1517-1582) أشرنا الى اختراعه الموفق حول زاوية الاحتمال . كان رجلاً مستطعماً ، وشاعراً وفيلسوفاً رياضياً . اعاد طبع أوراس Horace . واراد الكتابة ونسب كتاباً في الحساب (بوائيه سنة 1549) وكتاباً عن الجبر (ليون 1554) . وكلا الكتابين متكمل على اعمال « كاردان Cardan » و « ستيفل » . وأخذ عن هذا الأخير المثلث الحسابي ، والأس صفر كما أخذ أيضاً نظام التعريف بالمجهولات (وذلك في المسائل التي تتكرر فيها المجهولات) بالحروف الأولى من الأبجدية . ويدلنا بُلْتِيه Peletier على كيفية استخراج الجذور الجذرية من معادلة ذات اسات جذرية . ونحن مدينون له ايضاً بطبع ستة كتب أولى لأقليدس Euclide مع تفسيريها (ليون 1557 ، باللاتينية ، وترجمة فرنسية في جنيف 1611) .

وهناك طبعة ثانية لأقليدس Euclide قام بها فرنسوا دي فواكأندال François de Foix Candale الذي نشر الكتب الخمسة عشر (باريس 1566) وأضاف اليها ثلاثة كتب من عنده تتعلق بمختلف انماط المضلعات . . وكان ييار فوركادل Pierre Forcadel (؟ - 1574) قد حصل بناء على الحاح راموس Ramus ، على كرسي الرياضيات ونشر تراجم فرنسية لكتب « اقليدس » التسعة (1564 - 1565) ، وكذلك نشر أعمالاً رياضية وفلكية لـ « ارخميدس » ايضاً ولـ « بركولوس » و « أتوليوكوس » وفينه وجمما فيزيوس الخ . والف ييار فوركادل Pierre Fordcadel ايضاً كتاباً في الحساب . . (1557 - 1558) . وفي الطبعة الأولى منه استعمل المختصرات المعتادة وترميز «شوكيه» بالنسبة الى الجذور وكذلك الاشارة + و - في حين أنه في الطبعات اللاحقة تحلى عن هذا الترميز .

ونشير ايضاً الى كتاب الحساب الذي ألفه جان ترانشان Jean Trenchant (1558 مع عدة طبعات) ويحتوي هذا الكتاب بصورة خاصة على معالجة للجبر استعمل فيها الترميز الكوسي والمثلث الحسابي الخ . ونذكر ايضاً كتاب الجبر الذي وضعه غليوم غوسلان Guillaume Gosselein (باريس 1577) ، وترجمته الفرنسية المختصرة جداً لكتاب « تارنغليا » وعنوانه (General Trattato) (باريس 1578) .

راموس Raimus والرياضيات : تتعلق دراسة كتب أكبر رياضي فرنسي في تلك الحقبة وهو فرانسوا فيات François Viète (1540 - 1603) ، بصورة منطقية بالقرن اللاحق . والكتب الفرنسي الأخير الذي يستحق الذكر هنا ، على الأقل كناشر للرياضيات - حين امتدحها امتداحاً كبيراً وفضلها على عقم المنطق والجذلية للمدرسين - وكمؤرخ للرياضيات - حيث خصص ثلاثة كتب من كتابه الكبير المعنون « الرياضيات المدرسية » - هو « بيار راموس » (1515 - 1572 الذي قتل في مذبحه سان بارتيليمي) . اشتهر « راموس » كاتسائي وكفيلسوف وكمجادل ونشر كتاباً في الحساب

(باريس 1555) . . وأعيد طبع هذا الكتاب عدة مرات وترجم الى الانكليزية مع غيره من كتب الرياضيات التي جمعها في كتاب واحد سماه الرياضيات المدرسية (بال 1569) . ونشر أيضاً الى رسالته حول العدد السلمي ويرده الى التعارض المنطقي بين الايجاب والسلب : سيبيان يساويان ايجاباً ، كما كتب . وتدخل «راموس» في الهندسة ولم يوفق . ومعاداته للثراث المدرسي - كل ما قاله «ارسطو» خطأ - جرت عليه الشهرة . وفكر بحماس ان يستبدل المنطق بالبيان ووضع مشروعاً لاصلاح كتب «افليدس» اذ كان يعتبره من الناحية التربوية متوافقاً قليلاً مع الترتيب العقلائي للعلوم ومع مسار الفكر الطبيعي . كتب يقول يجب تعليم الحساب قبل الهندسة . أما البدييات فيجب ان لا تذكر الا عند الحاجة اليها . فضلاً عن ذلك يرى «راموس» ان الحساب التطبيقي عند تجار سان دينيس هو اكثر فائدة من البيانات الدقيقة التي وردت في الكتاب العاشر من «عناصر» «افليدس» . واذا كانت هذه المزايم مقبولة من الناحية التربوية والعملية فان مواقفه من الناحية العلمية ومن ناحية التقدم العلمي والفلسفي تبدو رجعية ومتأخرة .

بدايات المدرسة الانكليزية : كانت انكلترا اكثر تأخرأ يومئذ عن فرنسا . وكان أول كتاب في الرياضيات نشر في هذا البلد هو : فن . . التربيعة (لندن 1522) لمؤلفه كوثبرت تانستال Cuthbert Tunstall وقدمه الى توماس مور Thomas More . ويبحث الكتاب في الحساب التجاري من النمط الكلاسيكي المرتكز على مصادر ايطالية وبخاصة كتاب «باسيولي» «سوما Summa» ، وقد تقلد المؤلف ترتيبه وعرضه . كتب هذا الكتاب باللاتينية . ولم يلاق الا انتشاراً خفيفاً في انجلترا ، ولكنه طبع سبع طبعات في القارة .

وعرف روبرت ريكورد Robert Recorde (1510 ? 1558) ، الرياضي الانكليزي الأبرز في القرن السادس عشر نجاحاً أوسع بفضل كتابه : «أرض الفنون» (حوالي 1540 ، 11 طبعة في القرن السادس عشر) ، وكتابته «الطريق الى المعرفة» (1551) ، وخاصة كتابه المختصر في الجبر «وتستون أوف ويت The whetstone of Witte» (1557) ، «القسم الثاني من الحساب» . ويعتبر هذا الكتاب الأخير - بحكم أنه أول كتاب كتب بالانكليزية ، ويعلم طرح الجذور والتجربة «الكوسية» مع قاعدة المعادلات ، والحساب بالأرقام غير الجندرية ، أو الأرقام الصماء - أول كتاب يستعمل العلامة «+» ، ولكنه يضيف إليها ، ولأول مرة في كتاب مطبوع علامة «=» ، والتي سبق ان استعملت في بعض المخطوطات الايطالية المعاصرة . وبالنسبة الى الباقي يعتمد ريكورد Recorde ترميزات «ستيفل» .

ونشر أيضاً الى ليونارد وتوماس ديفينج Leonard et Thomas ، وقد ألفا عدة كتب في الرياضيات العسكرية والهندسية العملية . ونشر أيضاً الى ترجمة انكليزية «لعناصر» «افليدس» من قبل سير هانري بلنكليج Sir Henry Billingsley وجون دي John Dee في سنة 1570 . واعاد هذا الأخير ، مع كومانديندي Commandind صياغة عمل «افليدس» عن قسمة الصور مستلدين الى نص عربي ، سنة 1570 .

اعمال نونز Nunez : في شبه الجزيرة الأيبيرية تجب الإشارة الى اعمال بلدرو نونز Pedro Nunez (1502 - 1578) وهو عالم فلكي ملكي ، أوجدت له كرمي لتعليم الرياضيات في جامعة كويمبر . كان فكراً خلاقاً واستطلاعياً . وترك اثره في العديد من المجالات العلمية . من ذلك أنه في كتابه الجبر والحساب والمنهزمة (انقرس 1564) حاول أن يحدد القاسم المشترك الأكبر لمعادلتين جبريتين ، من اجل حل بعض المعادلات من الدرجة العالية . ويعود الفضل اليه في حل مسألة الشفق الأقصر (كريسكولوس De Crepusculis liber unus) . . . (ليشونه 1542) . واليه يعود الفضل في اختراع آلة « نونيس » وهي آلة تتيح قياس الزوايا الصغيرة بدقة . وعلى كل كان جهازه دقيقاً جداً بالنسبة الى عصره فلم ينجح كثيراً . . . ولذا استبدل في القرون اللاحقة بالآلة ابسط هي « فرنسية Vernier »، اخترعت سنة 1631 . وفي كتابه تراتادو . . . (Tratado) . . . وهو جزء من كتاب كبير عنوانه « تراتادو دا سفيرا Tratado da sphaera » (ليشونه 1537) والموسع باللغة اللاتينية في كتاب أوبرا Opera (بال 1566) ثم في كتاب « دي آرت De Arte » (كوييز 1573) ، في هذه الكتب جميعاً خالف « نونز » الرأي السائد بين البحارة ، واثبت ان الطريق الأقصر بين نقطتين في الكرة الأرضية هو قوس الدائرة الكبرى وليس الخط المنحني الذي يقطع خطوط الطول في زاوية ثابتة . ودرس بعناية هذا المنحنى الأخير وسماه « رامبوس Rumbus » . وقد لعب هذا المنحنى دوراً مهماً في تاريخ الرياضيات في القرن السابع عشر تحت اسم « لوكسودرومي Loxo dromie » اسم أطلقه عليه سنيليوس Snellius سنة 1605 .

سيمون ستيفن Simon Stevin : عرفت السنوات الأخيرة من القرن السادس عشر حقبة جود بسبي فيما يتعلق بالعلم الايطالي . وانتقل مركز حركة الفكر العلمي نحو الشمال وأصبح سيمون ستيفن Simon Stevin (1548 - 1620) هو الخليفة بحق ليوميلي ولبيينيدي Bombelli et Benedetti ، وستيفن Stevin ، مثل هذين الآخرين ، كان منظرأ ورجل تطبيق . كان محاسباً وبناء مطاحن وسدود ومحصينات . ولم تكن الاهتمامات العملية غالبة عن فكره . وفي شبابه اشتغل كأمين صندوق وماسك دفاتر في مؤسسة تجارية في أنقرس . وفي سنة 1577 ، وبعد سفره طويلة في بلدان الشمال التحق بادارة « الفرنك » في مسقط رأسه ، وترك بعدها البلدان المنخفضة الأسبانية . وفي سنة 1581 وجد في ليد ، حيث تسجل في سنة 1583 كطالب أدب في الجامعة . وفيما بعد دخل كمهندس عسكري ، وكمفتش على السدود والأقنية ، بخدمة دول هولندا . وفي سنة 1593 ، وبناء على توصية من موريس دي ناسو Maurice de Nassau وكان قد علمه الرياضيات وأصبح صديقه ، عين مستشاراً في جيوش البلدان المنخفضة . وفي سنة 1600 نظم تعليم الرياضيات باللغة الفلمنكية في مدرسة المهندسين في ليد . ومات في لاهاي سنة 1620 .

للمشورات الأولى : كان أول كتيب (حول الفائدة ، أنقرس 1582) ، وتضمن الجداول الأولى الكبيرة عن الفائدة ، والمشتورة في ذلك الحين . وهذا الكتاب يعكس اهتماماته العملية . ويقول : انه ينشر مثل هذه الجداول التي ظلت سرية حتى ذلك الوقت من اجل فائدة الجماعة ، واستعمل اصاليب

الحساب التي عرضها جون ترانشان Jean Trenchant في كتابه « الحساب Arithmetique » ،
 وشكر مؤلفها . وفي كتابه « كتاب حساب الأمراء على طريقة ايطاليا Livre de compte de prince à la manière d'Italie » (ليد 1608) طور أساليب المحاسبة ذات القيد المزدوج . ونصح
 باستعمالها في محاسبات الدولة . اما كتابه « مسائل هندسية » (انفرس 1583) فيعتبر عملاً نظرياً
 خالصاً . وقد ظهر فيه ستيفن مهندساً كاملاً . ويوجد في هذا الكتاب دراسة موسعة عن المضلع المنتظم
 ونصف المنتظم المحاط بالدائرة (وفقاً لنهج دورر Dürer ، قَسَدَ ستيفن Stevin الى « فِلش »
 (Déplie) سطوح هذه الأجسام فوق السطح) . كما عمد أيضاً الى التأكيد على المشابهة الكاملة وعلى
 التناظر بين الظاهرين الكمية المتصلة والكمية غير المتصلة . وقد عمق هذا التأكيد فيما بعد .

وفي سنة 1585 نشر « ستيفن » في ليد كتاباً عنوانه : « الحساب عند سيمون ستيفن » وقسمه الى
 قسمين : قسم نظري يتضمن معالجة كبيرة للحساب والجبر ، وشرحاً لكتب ديوفانت Diophante
 الأربعة في الجبر . (وذلك سنداً لطبعة كزيلاندر Xylander) . وفي المفيد أن نشر هنا الى
 تأثير الرياضي الاغريقي الكبير على « بوميلي » وعلى « ستيفن » . ونشر أيضاً مجموعة دراسات (الحساب
 التطبيقي) وتتضمن فيها تتضمن الترجمة الفرنسية لكتاب « . . . الفوائد » 1582 و « الأعداد » ،
 ونعود اليها ، وكذلك تفسيراً لنظرية الأبعاد التي لا تجد نقلاً عن الكتاب العاشر من عناصر
 « اقليدس » . ويحتل كتاب « الحساب » ، الذي اعيد نشره من قبل البيجيرار Albert Girard سنة
 1625 ، ثم سنة 1634 ، (في الأعمال الرياضية) يحتل هذا الكتاب مكانة مهمة في تاريخ الفكر
 الرياضي . وفيه يطرح « ستيفن » منهجية وتبسيطاً للحساب والجبر ، تجاوزه فيها كل من سبقوه . كما
 أدخل تجديدات رئيسية : منهجية الكسور العشرية ، وتصور جديد للعدد ، يمكن أن يجعل الجبر
 مستقلاً عن الهندسة ، وبذات الوقت يزداد الروابط التي تجمع بين هذين العلمين .

الكسور العشرية : كان ادخال الكسور العشرية يقصده هدف عملي ،
 وقد تضمنها فصل صغير ضمن كتاب « الحساب » (132 - 160) في الحساب
 العملي : « ان تعلم الكسور يسهل العمليات وكلها موجودة في اعمال
 الناس » (سبق نشره بالفلمنكية تحت عنوان De Thiende ، في نفس السنة
 1585) . لم ينجح « ستيفن » الكسور العشرية بالتأكيد ، فقد استعملها قبله ، امانويل بونفيس دي
 تاراسكون Emmanuel Bonfils de Tarascon (حوالي 1350) ، ورجيومونتانوس
 Regiomontanus (سنة 1463 ، ونشرت دراسته عنها سنة 1541) ورودولف Rudolff (1525)
 وابلي مزارشي Elie Misrachi (1532) . وأخيراً ، وقبل ذلك بقليل من قبل فيات Viète . ولكن
 يبقى من الحق القول انه باستثناء الرياضي الكبير « العربي » جمشيد الكاشي Jamshid al - Kashi ،
 وأعماله وضعت سنة 1427 ، ولكنها لم تعرف في الغرب (مجلد 1 ، القسم الثالث الفصلان 2 و 8) لم
 يحظر لأحد غير ستيفن أن يحل الكسور العشرية محل الكسور العادية ، ويضع نظام ترميز يتيح توحيد
 مجال تطبيق قواعد الحساب ، دون أن يحتفظ منها إلا بالقواعد التي تطبق على العدد الصحيح . ولكن

للأخف كان هذا الترميز ، ثقيلاً وغير ميسر . وهو يشبه الترميز الذي استعمله «ستيفن» في الجبر ، فيما يتعلق بمقتلات المجهول ، تقليداً «لبوميلي» . ان الرموز (8) ، (2) ، (13) ، (0) تدل على المقتلات . والأسات exponents في السلسلة¹ (1/10) ،² (1/10) ،³ (1/10) الخ مرسومة ، ربما ، تقليداً لسلسلة الكسور الستينية⁴ (1/60) أو⁵ (1/60) أو⁶ (1/60) الخ . وهكذا يكتب العدد 15,378 هكذا : (3) (8) (2) (7) (3) (1) (5) والاعداد المحاطة تدل على الاس أو المقل في العدد المقل المطابق لـ 1/10 .

ومن المدهش ان «ستيفن» لم يتبه الى عدم جدوى هذه «الأسات» ما دام يكفي فصل سلسلة الوحدات عن سلسلة الكسور بأي فاصل كان . وبعد سبع سنوات لحظ ج. ا. ماجيني G. A. Magini هذا في كتابه (المثلثات المسطحة) De Planis triangulis (البندقية 1592) فكتب : 15,378 . وكذلك فعل كلافيوس Clavius في «الاسطرلاب» «Astarolabium» سنة 1593 .

واستعمال الكسور العشرية ، بعد تخليصها من ترميز «ستيفن» انتشر بسرعة ، وتعمم الترميز الحالي . القائم على استعمال امانقطة وإما فاصلة من اجل الفصل بين القسم الصحيح وبين الكسر . على يد نيهير Néper في «رابدولوجيا» (1617) وفي «كونستروكسيو» (بعد موته سنة 1619) . ثم من قبل المؤلفين المتتالين لجداول اللوغاريتم . وادى ادخال اللوغاريتم ذي الأسس عشرة الى مرحلة جديدة في نشر النظام العشري . وبالمقابل ، هناك اقتراح آخر قدمه كتاب «الديسم» (Disme) ويقوم على توحيد . على أساس النظام العشري - الأوزان والمقاييس والنقود ، بقي قرنين قبل أن يؤخذ في الاعتبار . وحتى اليوم لم يعتمد من قبل الجميع في كل مكان .

توحيد فكرة العدد : والتجديد الثاني الذي احلته «ستيفن» هو توحيد فكرة العدد . فهو يرى ان الخطأ الكبير الذي ارتكبه الرياضيون الذين سبقوه - باستثناء ديوفانت Diophante - انهم لم يعتبروا «الوحدة عدداً» من ذات طبيعة الأعداد الأخرى ومقروءاً مثلها ، وانهم جعلوها مبدأ الأعداد . ولكن الوحدة ليست هي المبدأ بل الصفر ، الذي هو منطلق كل قيمة متتابعة . مستمرة ، ولهذا يتوافق مع المقدار المتتابع عدد متماز يتمتع بذات الخصائص العملياتية التي للعدد الصحيح الجزئ : «ان أي جزئ هو عدده» . ولهذا عارض توصيفات الأعداد مثل $\sqrt{2}$ أو $\sqrt{8}$ بأنها مستحيلة ، وغير جذرية : وغير نظامية ، وغير قابلة للتفسير أو صماء . ان الأعداد المذكورة هي فقط غير قابلة للقياس ، ولكر عدم القابلية للقياس لا تسبب بالاستحالة . ان توحيد فكرة العدد أمر رئيسي لأنه يفتح الطريق الى تطور الجبر والهندسة التحليلية .

الأعمال الجبرية عند «ستيفن» : ان الترميزات الجبرية عند «ستيفن» تنزع عن ترميزات «ستيفن» و«بوميلي» . والمقتلات تعرف باشارات تحاط بدائرة توضع الى جانب العامل Coefficient اما المجهول فلا يعبر عنه مثاله ان :

(1) 2 يساوي x و 2 (4) 3 يساوي x و «ستيفن» وان تقبل من حيث المبدأ ، المقتلات الكسرية فهو يفضل استعمال اشارات اتصافية مستوحاة جزئياً من ترميزات «رودولف» ، وان اختلفت عنها

احتمائاً ، اختلافاً واضحاً . أما الجمع والطرز والضرب والقسمة فيعبر عنها بالاشارات + ، - D و M . أما التركيب من واحد فيسميه مونوم (وحيد الحد) وأما التركيب الكثيري فيسميه بوليتيوم (متعدد الحدود) . [M = ضرب و D = قسمة] .

ومن بين المسائل الخاصة المدروسة ، نشير الى حل كامل لاستخراج القاسم المشترك الأكبر من تركيبتين تعددين (وهي مسألة سبق أن اهتم بها نونز Nunez) . وأفضل إنجاز جبري لستيفن هو بدون شك اختصار توحيد قواعد حل المعادلات الجبرية ، أو وفقاً لتعبيره : « قواعد الكميات الثلاث » . من ذلك أنه بالنسبة الى المعادلة من الدرجة الثانية يقول : معك ثلاثة أرقام أولها ② وثانيها ① والثالث عدد جبري ما . أوجد العدد الرابع العشاسي أي : $x^2 = ax + n$ (وبعدها فتنش عن المجهول x) .

وتبدو معادلة الدرجة الثانية بالنسبة اليهم ، تحت ثلاثة اشكال اساسية وغير قابلة للاختزال . ولم يستطع اهل الجبر بمن سبق « ستيفن » التوصل الى صياغة قاعدة وحيدة لحلها . فكتب « ستيفن » أذا :

ان ثنائية Binomie الحد الثاني في هذه المسألة يمكن ان توجد في ثلاثة (صحيح) فروقات هي :

$$(1) + (0) = [ax + n], (1) - (0) = [-ax + n], (1) - (0) = [ax - n].$$
ويعطي عنها الاخرون ثلاث عمليات متنوعة . . . ونحن نبين شكلاً واحداً بواسطة ، ودون تغيير مقطع واحد ، تكون العملية في الثلاثة نفسها أو ذاتها .

واذا كان « ستيفن » قد نجح حيث اخفق سابقوه ، ستيفل Stifel كاردان Cardan ، بانيه Peletier ، فلذلك انه يقل تماماً بشرعية العدد السليبي . وهو ، لم يكتب فقط ، ودون تدمير ، بان يقل بالحلول السلية في المعادلات التي يعالج ، بل قبل ايضاً ولأول مرة في تاريخ الجبر بمعادلة طرح عدد ايجابي من جمع عدد سليبي . ومن جراء هذا ، اختلطت الأشكال الثلاثة للمعادلة في واحدة . وطبق ستيفن Stevin نفس الطريقة على معادلات الدرجة الثالثة والرابعة . ولكن رفضه ، للأسف للعدد الخيالي لم يكنه من أن يحقق في هذا المجال تقدماً يشبه التقدم الذي احرزه في نظرية المعادلة من الدرجة الثانية .

آخر منشورات ستيفن Stevin : بعد نشر «اريتمايكا» بدا « ستيفن » وكأنه قد عزف عن الرياضيات البحتة وتخصص بالفيزياء أولاً وبال تطبيق ثانياً . ولكنه نشر ، على كل حال ، سنة 1594 ، رسالة موجزة في الجبر يعرض فيها منهجاً عاماً في الحل القريب للمعادلات .

ومنذ 1585 كان « ستيفن » يدافع عن اطروحة تقول بأن اللغة الفلمنيكية صالحة بصورة خاصة لدراسة العلوم (Dialectike) . ولهذا فقد نشر بيلده اللغة ثلاثة كتب في الميكانيكا (1586) ، ودراسته عن التحصينات (1594) الخ . وهي أعمال جمعها ، مع كتب أخرى وضعها لموريس دي ناسو Maurice de Nassau في جامع ضخيم . شامل ، باستثناء الديناميك ، ضم كل العلم الرياضي

والفيزيائي في عصره (نظرية وتطبيق) (خمسة مجلدات ، ليد 1608) ؛ وأعيد نشر هذه المجموعة في ذات السنة باللاتينية من قبل ويلبرورد سنل (Wilhebrord Snell) (أيبوننا ماساتيا تيكا) (Hypomne- mata mathematica ، بعضها ترجمت الى الفرنسية من قبل جان تونينغ (Jen Tuning) (مذكرات في الرياضيات . . 1608) . وأعيد نشرها في سنة 1634 في ليد ، لدى إلفزيه (Elzevier ، من قبل البير جيرار (Albert Girard) في نشر « الأعمال الرياضية » عند « ستيفن » . والمؤلفات المجموعة في هذا الجامع ، وإن كانت في تاريخ نشرها تعود الى القرن السابع عشر ، فإنها ، في مضمونها تعود الى القرن الماضي .

ومع « سيمون ستيفن » بلغ الجبر ، في عصر النهضة الذروة والنهية في تطوره ، ولهذا يجد أن نلقي نظرة سريعة وشاملة ، على المرحلة المقطوعة لمحاولة تحديد بنيتها الأساسية .

لقد حقق جبر عصر النهضة ، في وقت قصير جداً شيئاً مدهشاً في المعرفة الجبرية ، وبالمقارنة انجز ترميزاً مكثفاً جداً ، وغير متعب على الاطلاق ، أكثر كثافة وإيسر وأسهل بالتأكيد من ترميز فيات (Viète) مثلاً . ولكن هذا الترميز كان عاجزاً عن الوصول الى الترميز التجريدي (للعمليات الجبرية) وإلى اخذ هذا الترميز كمحور لأفكاره .

انه لأسر عجيب : لا شيء أبسط من فكرة العملية (الجبرية أو الحسابية) ؛ والموجزات اللوغاريتمية الوسيطة والحديثة ، تقدم لنا كلها لوائح عن هذه العمليات ، وتعلمنا القواعد العملية الواجبة الإتياع لأجراء عملية أو قسمة من اجل استخراج جذر أو حل معادلة . ومع ذلك ، ورغم الاستعمال المتقطع للرموز (الحروف) من قبل «أرسطو» (في المنطق) ومن قبل ليونارد بيز (Leonard de Pise) ومن قبل جوردان نيموراريوس (Jordanus Nemorarius) (في نظرية النسب) فإن العملية والموضوع (الشيء) (موضوع العملية) ، يشكلان وحدة متماسكة لدرجة ان الفكر لا يتوصل الى فصلها عن بعض : (Res , Radix , Censu) كلها تدل على المجهول ، وعلى الجذر . وعلى المربع ، ولكن الجذر ، لا يعتبر ، نوعاً ما ، وكأنه جذر الشيء ، وإن استخرج منه ، ولا المربع وكأنه مربع الشيء ، وإن رفع اليه ، انها جذر ومربع مستقلين تماماً . ولهذا ايضا ، وليس لأننا نتعامل عموماً مع مجهول واحد ، لا يعبر عن هذا المجهول (الذي هو x عندنا) وكأنه مجهول .

وبالتالي لا يقدم لنا جبر عصر النهضة شيئاً بل يعطينا قواعد وامثلة ، تماماً كما في القواعد (النحو) ، التي هي أيضاً تعطينا قواعد يجب إتباعها ، وامثلة يجب التقيد بها ، بعد استبعاد الاسماء والغاء الأفعال . وهذه الامثلة ، المختارة والمترتبة جداً - في الحساب وفي الجبر ، كما في القواعد النحوية - تصبح نماذج ومقاسات ، ولكن هذه النماذج لا تتحول اطلاقاً الى صيغ ، ان فكر الحسابي والجبري في عصر النهضة يبقى عند مستوى فكر النحوي : انه فكر نصف تحديدي : تتبع القاعدة العامة ، ولكن التعامل يتناول حالات - كلمات او اعداداً - محددة .

ولهذا يعتبر الترميز الخاص للمجهول ، في التعابير الجبرية ، التي ادخلها «فيات» واكمالها «ديكارت» مرحلة حاسمة في التاريخ ، لا تاريخ الترميز فقط بل تاريخ الفكر الجبري بالذات ، وهو يعكس الانتقال من درجة التجريد عند النحوي الى درجة التجريد عند المناطقي الخالص : من هنا بالذات يصبح الاختصار رمزاً ويوقع المنطق العلدي ، بحسب التعبير الذي اوردته «فيات» ، ليصبح منطقاً خاصاً .

الفصل الثاني :

الثورة الكوبرنيكية

I - علم الفلك عند الإنسانين (علم الهيئة)

علم الكونيات (كوسمولوجيا) عند نقولا دي كوي (N. de CUES) : تحتل مؤلفات «كوي» في الكوسمولوجيا مكانة ذات أهمية خاصة جداً . فلأول مرة ، هوجم التصور الكلاسيكي لعالم مغلق ومرتب ومنظم ، تصور استولى على فكر البشر طيلة ما يقارب من ألفي سنة - وذلك لصالح عالم منفتح ، ان لم يكن لا متناهياً ، فانه على الأقل غير محدود وواسع الامتداد بلا حدود ، عالم « مركزه في كل مكان » محيطه ليس في أي مكان . « لقد فجر «كوي» الأكر السماوية التي تحيط بالكون وتعطيه كيانه وبنيته ، ورفض القول بوجود مركز للعالم تحتله الأرض - المكان « الأذن » يحتله الجسم الأكثر «حطة» . لقد ألغى « نقولا دي كوي» تقسيم الكون الى منطقة « ما تحت القمر » ، ومنطقة « السماء » . الكون واحد ، متنوع ومتشابه مع ذاته ، في كل مكان منه حركة وحياة . وهكذا تكون الأرض ، قد ارتفعت ، بشكل ما ، في السماء ، لتحتل مكانة بين النجوم . ان الأرض ليست مأخوذة الكون « انها كوكب نبيل » . حسب قول «كوي» وهي بهذه الصورة لها نورها الخاص وحركتها الخاصة .

ان اصالة وعمق تصورات « دوكت اينثورانس Docte Ignorance » (1440) التي يعارض بها «كوي» «العلم» المألوف ، علم الفلكيين والفلاسفة هما امران عجيبان . فهو ينكر بشجاعة لا نظير لها ، وجود جهات ، وحتى وجود المكنة متشابهة في الفضاء . ويفقد « الأعلى » والأسفل معناه الموضوعي : انهما مفهومان نسبيان تماماً . والراصد اذا وقف عند قطب الكرة السماوية يرى الأرض فوقه ، في أوج السماء ، وايضا يجد هذا الراصد ، في الشمس وفي أية كوكب سوف يرى العالم يدور حوله ، وبالتالي يظن نفسه أنه يحتل مركزه . لأن الحركة بالذات ليست أبداً مطلقة ولا تدرك إلا بالنسبة الى شيء غير متحرك

وكان تحطيم « الكون » شرطاً مسبقاً للثورة العلمية في القرن السابع عشر . من هذه الرؤية يبدو قيمة « دوكت اينثورانس » بارزة لأنها تحقق هذا التحطيم بشكل جذري .

ولهذا بدا كتابه المذكور ، بحكم راديكاليته القوية ، غير مقبول بالنسبة الى معاصريه ، وحتى

بالنسبة الى خلفائه . ولهذا ، وباستثناء « ليونارد دا فنشي » . لا نجد أي أثر لكوسمولوجية « كوي » . وكان لا بد من انتظار مجيء جيوردانو برونو Giordano Bruno حتى «يفتح تأثير دوكت اينفورانس » ، وحتى يتحول العالم اللاحدود عند كوي Cues الى الكون اللامتناهي المقبول به في العلم الحديث .

وبالنسبة الى علم الفلك بالذات ، لم تكن عقيدة « دوكت اينفورانس » ، التي تنكر وجود نقط ثابتة في الكون ووجود حركات منسجمة تماماً ، والتي تنكر بالتالي ، استقرار القطبين ، والدوران الدقيق ، وحتى الدورية الصارمة للحركات السماوية - لم تكن هذه العقيدة منجدة - على الاطلاق ، بل بالعكس ان هذه التجديدات ، عند مستوى الامكانيات النظرية ، في القرن الخامس عشر والقرن السادس عشر - كانت قيمية ان تجعل علم الفلك مستحيلاً تماماً . ولهذا لم يكن من المستغرب ان نرى كبار المنجمين في تلك الحقبة ، باستثناء كيبلر Kepler ، لا يعطون أية أهمية لأفكار « كوي » ، ولحقى يقال انه هو لم يكن يعي أهمية أفكاره . وهذا يبدو في كتابه De Venatione Sapientiae (1463) وكأنه قد نسي ان الكون ليس له مركز :

كتب : « اعطت الحكمة الإلهية لكل شيء طبيعته ، فلكه أو مكانه . ووضعت الأرض في الوسط ، وقررت ان تكون ثقيلة ، وان تتحرك في وسط العالم ، بحيث تبقى دائماً في المركز وان لا تتحرك لا نحو الأعلى ولا نحو الأطراف » . وهذا لا يحكم الأرض بالجمود ، بل يتركها تتحرك وتلور في مكانها .

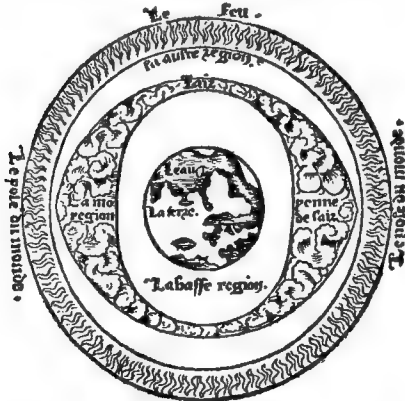
وفي مذكرة كتبها بعد عدة سنوات من سنة 1444 يقول « كوي » : « أن الأرض لا يمكن أن تكون جامدة ، ولكنها تتحرك مثل بقية الكواكب . وهي تلور تقريباً حول محاور الكون ، كما يقول فيثاغورس Pythagore » مرة كل اربع وعشرين ساعة ، ولكن الكرة الثامنة تلور مرتين والشمس تلور اقل من دورتين بقليل في نهار وليلة .

وربما يعني هذا ان الأرض تلور حول محورها خلال 24 ساعة وان الكرة الكوكبية ، تلور على نفس المحور وينفس الاتجاه خلال 12 ساعة . وهذا يساوي بالنسبة الى المراقب الأرضي - الذي يظن نفسه متحركاً - دورة بالنسبة الى الكرة الكوكبية المذكورة في نهار وليلة . اما الشمس ، فتتأخر قليلاً عن حركة الكرة السماوية ، وهذا يفسر الفرق بين اليوم النجمي واليوم الحقيقي . هذه المذكرة البسيطة تكفي لثمننا من القول ان كوي Cues هو طليعة لكوبرنيك Copernic .

يورباخ Peurbach ورجيومونتانوس Regiomontanus : في القرن الخامس عشر بدأ تطور علم الفلك ، المرتبط بالرياضيات تماماً ، محكوماً بجهود « يورباخ » و« رجيومونتانوس » ، لكي يتصل مباشرة بالعلم الأغريقي والعربي كأعداد الترجمات أو تصحيح الترجمات الموجودة ، التي قام بها الكلاسيكيون في علم الفلك ، وبخاصة ترجمة المجسطي وتم وضع « كومبانديا » لتحل محل « سفيرا Sphaera » (كرة) سبأكرو بوسكو Sacrobosco التي اصبح نقصها واضحاً أكثر فأكثر .

وفي مجال الترجمات ، بلغ الجهد الذروة مع نشر الصيغة القديمة للمجسطي *Almageste* التي وضعها جيرار دي كريمونا (Gerard de Crémone) (البندقية 1515) وترجمة أخرى جديدة وضعها جورج تريزوند (George de Trébizonde) (البندقية 1528) . ثم أن النص الأغرقي قد نشره س غرينوس (S. Grynaeus) ، مع شروحات بابوس (Pappus وثيون (Théon) ، وأعيد نشره من قبل ج كاميراريوس (J. Camerarius) (1538) . وقام « بورياخ » بناء على نصيحة بشاريون (Bessarion) بترجمة « المجسطي » ، مع تأليف خلاصة (إبيتوم) من عمل « بطليموس » ، ثم أوكل إلى رجيو مونتانوس (Regiomontanus) مهمة متابعة هذين العملين اللذين تركهما غير كاملين .

وإذا كان « رجيومونتانوس » لم يكمل الترجمة التي بدأها « بورياخ » ، فإنه أكمل « الأبيتوم - Epi-tome » ونشرت ، بعد موته ، في البندقية سنة 1496 . هذه الخلاصة « إبيتوم » هي تكملة علمية « للنظريات الجديدة في النجوم » التي وضعها « بورياخ » (نورمبرغ 1472) وهو كتاب أولي بسطت فيه النظريات حول الكواكب ، وعرضت بدون الإثباتات الموجودة ، بالمقابل ، في « الأبيتوم » . وه النظريات « التي أوجدت لتحل محل « الكرة » سفيرا Sphæra » التي وضعها ساكروبيوسكو



صورة 3- « القسم النموذجي من العالم » عن أرسطو . (أ. فينيه ، « نظرية السماوات » ، 1528)

Sacrobosco للتعليم⁽¹⁾ نالت شعبية كبيرة حتى أواخر القرن السادس عشر؛ وقد أعيد طبعها كثيراً، واقتُرنت عادة بشروح وأرويس فينيه Oronce Finé. وشكلت «النظريات» القسم الفلكي من المارغريتا فيلوزوفيكاً «Reisch»، وترجمت إلى الإيطالية سنة 1556.

في هذين الكتاين يبدو «بورباخ» بطليموسياً من الدرجة الأولى، إلا في نقطتين: فهو بعد العرب يضيف «الارتجاج» إلى مختلف حركات الأجرام السماوية، التي تصورها الفلكي الأفرقي الكبير، وايضاً، وبعد العرب أحل المدارات الثابتة محل الدوائر الرياضية الخالصة في المجسطي؛ هذا الاحلال - الذي بدأ به من قبل «بطليموس» بنفسه في «فرضيات الكواكب» - يبدو لي ذا دلالة على رفض علم فلك مبني على الحسابات الخالصة دونما علاقة بالواقع الموضوعي، أو، إن شئت، أنه رفض قبول نوع من الحقيقة المزدوجة فلسفية وعلمية، أي الفيزياء (ومعها الكوسمولوجيا) التي قال بها «ارسطو» من جهة، وعلم الفلك الذي قال به «بطليموس» من جهة ثانية، وقدم «بورباخ» أيضاً ملاحظات فلكية من أجلها وضع كتابه الهندسة الرباعية Quadratum geometrieun. وقدمت أعماله وأعمال «رجيومونتانوس» في مجال علم المثلثات للفلكيين أدوات حساب أكثر دقة وأكثر طواعية. ويفضل هذه الأدوات، في بداية القرن 16، أصبح الاستيلاء على الماضي قد اكتمل. وعندها وجد علم الفلك في وضع شبيه نوعاً ما بوضع الجبر. وابتداء من هذه الحقبة يبدأ تاريخ بعض نصوص «ليوناردا فينشي» التي تدرسها بسرعة.

«ليوناردا» وعلم الفلك: لم يكن «ليوناردا» فلكياً ولم يكتشف الاكتشافات التي نسبتها إليه أحياناً التاريخية الرسمية، رغم أنه كان واحداً من الأوائل، إن لم يكن الأول، في الغرب على الأقل، الذي عرف أن النور الرمادي من القمر هو انعكاس نور الأرض. ولم يتخترع هو أيضاً كما قيل، المرصد. الأمر الذي لم يمنعه، من القيام، بدون تلسكوب، باكتشاف مهم جداً - ظل للأسف مجهولاً - استبق به «كبلر»، وهو الصفة الذاتية للهالة التي تحيط بالكواكب الثابتة، وبالتالي، لاجسامها المرصودة. ولكن تصورات «ليوناردا» الكوسمولوجية، وإن لم تكن جاهزة على الإطلاق، وإن بقيت غير معروفة، فهي تحتل مكانها الشرعي بين اكتشافات «نقولا دي كوز» وكوبرنيك Copernic. من الممكن - رغم وجود نص شهير، ولكنه منفرد، وشديد الغموض فلا يمكن أن تستمد منه استنتاجات منها كان نوعها، هو: «il sole non si muove des carnets» إن يكون «ليوناردا» قد توصل إلى تصور شمسي المركز للكون. وبالمقابل، من الواضح أنه، بعد «نقولا دي كوي»، نخل عن الصورة «الأرض محور الكون»، وبحركة فكرية مزدوجة، مقارنة القمر بالأرض، والأرض بالقمر، وصل إلى القول ببارضية الأرض وكوكبية القمر. وبهذا الشأن قال إن القمر يتألف من نفس عناصر الأرض أي تراب هواء ماء و نار. وكتب «كون الأرض تشبه القمر تقريباً» يسمح باثبات «نبالة» عالمنا.

(1) إن سفيرا ساكروبوسكو (Sphaera) ظلت تستعمل. وقد أعيد طبعها عدة مرات، مقرونة بتفسيرات علمية أكثر فائدة.

« ليست الأرض في وسط دائرة الشمس - وهنا يتجلى تأثير « كوي » - ولا هي في وسط العالم ، بل في وسط عناصرها التي تراقبها وتتحد بها . ومن يكون على سطح القمر ، عندما يكون هذا الأخير والشمس تحتنا ، يرى أرضنا مع عنصر الماء ، تقوم بنفس الدور الذي يقوم به القمر بالنسبة إلينا » .

وبدلاً من الدوران الكوني ، ساد التصور بأن « ليونارد » آمن بالحركة الإلتافية للأرض وأنه حاول الإجابة على أحد الاعتراضات الكلاسيكية المناوئة لامتكانية حصول هذه الحركة . ولهذا الغاية جرت الإشارة إلى نصين متعلقين بحركة سهم مقلوب عامودياً ولحركة الحاجر الساقط في الهواء ، في حين تكون العناصر متحركة بحركة التافية على ذاتها ، بحيث تكتمل دورتها بخلاف أربع وعشرين ساعة » .

نظام الكرات الدائرة حول ذاتها عند فراكاستورو Girolamo Fracastoro وأميسي Amici : أن جيرولامو فراكاستورو (1478 - 1553) مدين بشهرته لأعماله كفلكي ، بل لعمله الطبي ، وبخاصة قصيدته حول السفلس . درس في جامعة بادوم مع كوبرنيك Copernic . ويمكن الظن أنها قد تحدثا فيها عن المسائل الفلكية ، وإنما اتفقا على عدم كفاية علم الفلك البطليموسي وعلى ضرورة استبداله بنظام آخر . ولكن من أجل إجراء هذا الإصلاح ، عمد « كوبرنيك » إلى إنجاز نظام أريستارك Aristarque وعمد فراكاستورو Fracastoro إلى تحقيقه بأسلوب كاليب Callipe . وكانت الفكرة الأولى في عمله : « هوموساتريكا Homocentrica » ، (البندقية 1538) المقدمة إلى البابا بول Pape Paul III الذي قدم إليه « كوبرنيك » « رفوليسونيس أوربيوم كولستيوم - Revolu - tionibus orbium coelestium » . كانت هذه الفكرة قد جاءت ، كما قال ، من جيوفاني باتيستا دلاتوري Giovanni Battista della Torre (أخي مارك انتونيو دلاتوري Marc Antonio della Torre الذي كان صديقاً ومساعداً ، في الدراسات التشريحية له « ليونارد دا فنشي » . وكان جيوفاني Giovanni هذا قد مات فتياً ، وترك له امر العناية في إكمال نظامه . واستلهم الحاجة إلى تمثيل الحركات الكوكبية دون استعمال « الدوائر المتداخلة المختلفة المراكز (Exentrique) (إكسنتريك) ولا الدوائر التي مركزها في محيط دائرة كبيرة « إبيسيكل » (Epicycles) ، بل استعمل فقط حركات دائرية حول نفس المركز (دوائر وحيدة المركز) ، والرغبة في استعمال محاور هذه الكرات بشكل يجعلها تشكل زاوية قائمة الواحدة مع الأخرى . تضيق قيمته المنهجية والرياضية - أكيدة ، ولكنه يؤدي إلى مضاعفة الكرات : ويحتوي النظام منها ، في نهاية المطاف 76/77 للكواكب والقمر ، زائد كرة إضافية تحت القمر ، مخلفة عن الأغريات ، ونافرة وبالتالي مختلفة الشفافية .

هذه الكرة تفسر الاختلاف والتنوع في لمعان الكواكب اللذين يبدو أن كأنها يشتان تغيراً في المسافة - وهو الاعتراض الأقوى ضد نظام الأكر الوحيدة للمركز (هوموسترك) - هذا من جهة ، ومن جهة أخرى تفسر تغير مدة الكسوفات وحركة المذنبات .

وبذات الوقت الذي عاش فيه « فراكاستورو » ، وبلاستقلال عنه ، بُعث نظام الأكر الوحيدة المركز من قبل جيوفاني باتيستا أميسي Giovanni Battista Amici الذي نشر سنة 1536 في البندقية

كتيباً عنوانه «موتوبوس كوروبورم كولستيوم . . .» . ان نظام «أميسي» يشبه نظام «فراكاستورو» ولكنه - بالرغم من انه لا يفرض على محاور الكرات الشرط بان توضع بشكل زاوية قائمة ، الواحدة بالنسبة الى الأخرى - ، يبدو أكثر تعقيداً . وفي حقبة من الزمن يوشك فيها ان يظهر نظام «كوبرنيك» - يبدو بعث الأنظمة السابقة على «بطليموس» ، غرابة تاريخية .

مبحث كالكانيي *Calcagnini* : كان يمكن لأعمال سليوكالكانيي *Celio Calcagnini* ، 1479 - 1541 ان تكون اكبر أهمية من أعمال «فراكاستورو» و «أميسي» . وفي السنة 1520 كتب «كالكانيي» بحثاً يقصد به ان يبين أن الأرض متحركة ضمن نظام ثابت .

وفي هذه المحاولة التي لم تظهر الا في سنة 1544 ، في كتابه الكبير : *Opera aliquot* ، حاول «كالكانيي» الذي ربما سمع عن انتجازات «كوبرنيك» والذي شهد بمكانة «نيقولا دي كوي» ، أن يثبت ان الأرض لا تدور الا دورتها اليومية حول نفسها ، وذلك لأسباب ، ليست فلكية بل فلسفية «فيزيائية» فهو يرى بهذا الشأن ان الحركة تلتزم الأرض التي هي مكان عدم الكمال واذا مكان الثنير ، وان احتياج الأرض الى الحركة هو أكثر من احتياج السماوات ذات الكمال وذات الطبيعة الإلهية اللذين يقتضيان ليس الثبات فقط بل الجمود أيضاً . فضلاً عن ذلك ، ونظراً لأن الأرض ثقيلة ، وبذات الوقت غير مؤهلة للهبوط ، لأنها تقع في المكان الأسفل من العالم - في وسطه - ، فإذا وضعت موضع الحركة فانها لا تستطيع التوقف ، وبالمقابل : فالسماوات نظراً لإفتقارها الى الوزن ، فهي غير مؤهلة للحركة .

وهذا انقلاب غريب في الديناميكية التقليدية . وهو انقلاب ذكي جداً إذ أن الجسم المفتقر الى الوزن أي الهبولى لا يمكنه تلقي الدافع المحرك . ولو نشر بحث «كالكانيي» سنة 1520 ربما لعب دوراً مهماً في تاريخ الثورة ضد «ارسطو» ضد «بطليموس» ولكنه وقد نشر سنة 1544 أي بعد سنة من نشر كتاب «كوبرنيك» «الثورة في عالم الأفلاك» فقد جاء متأخراً جداً .

II - كوبرنيك COPERNIC

يعتبر عمل «كوبرنيك» في تاريخ الفكر الغربي عطة تاريخية حاسمة : إذ بفضل هذا العمل حصلت الثورة العلمية في القرن السابع عشر التي احلت محل الفضاء المغلق التراتبي القديم والوسيطي ، الكون المسنجم واللامتناهي الذي قال به المعصرون .

ولكن الأمر الغريب هو ان الثورة الكوبرنيكية تبدلنا بدون مقلعات وبدون اعداد . فلا نقولاً دي كوي» (الذي ربما عرف «كوبرنيك») ولا «ليونارد دا فنشي» (الذي لم يعرفه) ، لم يكونا طليعة «كوبرنيك» . واذا كان دوران الأرض حول محورها قد بحث بجدية قبل ذلك ، من قبل نقولا اورسم *Nicole Oresme* ، فإن أحداً لم يفكر ، منذ اريستارك دي ساموس *Aristarque de Samos* و *Seleucus* بجعل الشمس مركز الكون وإعطاء الأرض حركة مدارية .

وإذا فكتب « كوبرنيك » « الثورة في عالم السماوات » مدَّ لهم اليد فوق ألفي سنة من التطور التاريخي والنسيان ولكنه وقد تحصن بالتقنية الرياضية الموزونة عن « بطليموس » انجز ما عجز سابقوه القدامى عن الشعور به .

حياة « كوبرنيك » : ولد « نقولا كوبرنيك » في 19 شباط سنة 1473 في ثورن في بروسيا (بوميرليه) . وكان أبوه ، وكان يدعى « نقولا » أيضاً ، برجوازيّاً من كراكوفيا جاء يسكن في ثورن قبل ان تستولي بولونيا على المدينة . وكانت امه بربرا وازلرود Barbara Watzelrode من عائلة قديمة مشيخة في المنطقة . قدَّ « كوبرنيك » أباه وهو في العاشرة فكفله خاله لوكاس وازلرود Lucas Watzelrode الذي اصبح فيما بعد اسقف وارمي ، هل كان « كوبرنيك » بولونيّاً أم المانياً ؟ . كان بولونيّاً . ولكي اعترف ان هذه المسألة التي اسالت الكثير من الحبر ، تبدو ناشئة وليس لها أدنى أهمية : فليس عرقه ولا تكوينه الفكري الذي لعبت فيه ايطاليا دوراً لا مثيل له واعظم من دور بولونيا ، هما اللذان يفسران عقيدته . من وجهة نظر الفكر الذي جمعنا وحده هنا ، يبدو « كوبرنيك » نسيج ذاته . في سنة 1491 كان « كوبرنيك » في جامعة كراكوفيا التي تمتعت في ذلك الزمن بشهرة عظيمة وفي الواقع كانت اهم جامعة في الشرق الأوروبي اشتهرت كمركز ثقافة علمي وانساني . ونحن نتقصنا المعلومات عن دراسة « كوبرنيك » ، ولكن رغم التيقن من انه قام بدراسات عميقة في علم الفلك يبدو انه تبع البرنامج المعتاد المتبع في كلية الفنون حول الديالكتيك والفلسفة .

ومن بين اساتذة جامعة كراكوفيا ، يشار الى البربروزو (بروزيسكي) - Albert de Brud- (Brudzewski) وهو فلكي ورياضي بارز ، قام بتفسير « نظريات » « بواباخ » سنة 1482 . وكان من المشاهير ، كما أن مؤرخي « كوبرنيك » لم يغفلوا الإشارة الى ان تخصصه «كوبرنيك » بالفلك كان بتأثير من بروزيسكي Brudzewski ولكن هذه الفرضية تبقى غير أكيدة .

في سنة 1496 عاش « كوبرنيك » في وارمي ، وبعدها انتقل بذات السنة الى ايطاليا ليدرس فيها الحقوق . وفي أول تشرين الأول سنة 1496 دون اسمه في سجل المواليد الألمان في جامعة بولونيا الإيطالية ، مما لا يوجب ان يكون « كوبرنيك » قد اعتبر المانياً . وأمضى « كوبرنيك » ثلاث سنوات تقريباً في بولونيا الإيطالية وفيها تابع دراساته حول علم الفلك ويبدو انه كان متقدماً في هذا العلم كونه قد تلمذ على الفلكي الشهير دومينيكو ماريانوفارا Domenico Maria da Novara الذي شهد له . وقد درس بذات الوقت القانون والطب والفلسفة وأخذ يتعلم اليونانية .

وفي سنة 1500 ذهب الى روما حيث التقى سلسلة من المحاضرات في الرياضيات (وربما في الفلك) . وفي سنة 1501 رجع الى بولونيا لكي يستلم شخصياً ولاية كاتونيك كاتدرائية فرونبورغ ؛ وقد عين فيها بفضل لوكا وازلرود Lucas Watzelrode ولكنه بعد انتهاء التنصيب الرسمي حصل على اجازة ورجع الى ايطاليا ، الى بادو حيث درس الطب والقانون . وعلى كل أخذ شهادته في الطب في فراري في 31 أيار 1503 . وبعد تنصيبه عاد الى وارمي ليستلم اسقفية التي بقي فيها حتى موته . وسكن أولاً في هلسبورغ بجانب خاله وتزلرود وعمل له سكرتيراً وطبيباً . ثم سكن قبيل موته في سنة

في 1512 في فرونبورغ واهتم بإدارة أملاك الكنيسة هناك والف في ذلك كتاب « مونيتا كودندا راسبوني Monetae cudendae ratione » ومارس الطب بنتجاح على ما يبدو . وحصل على تريكيتروم Triquetrum (آلة للموازاة) وعلى كرة محلقة (وهي آلة فلكية قديمة مؤلفة من حلقات تمثل مواقع الدوائر الرئيسية في الفلك) وعلى مربع ، وبواسطتها قام برصوداته الفلكية التي استعمل قسماً منها في كتابه « ريفوليسيونيوس Revolutionibus » .

وضع كتاب الثورة « ريفوليسيونيوس Revolutionibus » : يبدو ان « كوبرنيك » قد تكونت لديه الفكرة الرئيسية عن نظامه بصورة باكورة . يقول في مطلع كتابه الثورة انه احتفظ بانجازته سرياً ، لا تسع سنوات فقط ، كما يقول الشاعر أوراس Horace بل ستاً وثلاثين سنة . وهذا الزعم لا يمكن أن يؤخذ بحرفيته ، بالنسبة الى الكتاب بالذات . بل ربما يتعلق بالفكرة الأساسية أي بفكرة الدوران حول الشمس . وهذا ما يعود بنا الى سنة 1505 أو 1506 . والفكرة « السر » التي حفظها « كوبرنيك » لم تكن إلا نسبية . يقول بيركن ماجر L. L. Birken mager ان « كوبرنيك » بعد رجوعه من إيطاليا سنة 1512 كتب ووزع بين اصدقائه بحثاً موجزاً ومختصراً اما واضحاً جداً عن مبادئه في علم الفلك الجديد ولكنه لم ينشر هذا البحث (الذي نشر سنة 1870) ، ولم يكف به فقط . فقد كان يفهم تماماً انه لا يكفي صياغة افكار جديدة ، او كما اعتقد ، محاولة احياء تصورات قديمة فيثاغورية : بل لا بد من اجل النجاح ، من تقديم نظرية حول الحركات الكوكبية كاملة ومفيدة مثل نظرية « بطليموس » . وهذا ما قدمه لنا كتابه « الثورات » . حيث يتضمن الكتاب الأول عرضاً عاماً لنظام الكون ، ومعه معالجة لعلم المثلثات . اما الكتاب الثاني فيحتوي على عرض حول علم الفلك الكروي مع خارطة للنجوم ، استعمل « كوبرنيك » في صنعها المعطيات القديمة وكذلك الملاحظات الحديثة ، وفيه أيضاً يعيد حساب العناصر الأساسية للحركات مثل طول السنة ، تتابع الاعتدالين ، الخ . وفي الكتاب الثالث والرابع من كتاب الثورات يعرض « كوبرنيك » النظريات بشكل مفصل عن حركات الكواكب ، الحركات الظاهرة والحقيقية للشمس والأرغن والقمر والنجوم . وليس من المستغرب ان يستمر وضع هذا الكتاب على الأقل حتى سنة 1532 . وربما لم ينته منه الاقياً بعد .

وقد اشتغل « كوبرنيك » في كتاب « الثورات » طيلة حياته يدخل عليه التغييرات والتصحيحات التفصيلية .

حذر « كوبرنيك » وتردده : يبدو أن التفسير (كومنتاريولوس Commentariolus) لم تكن معروفة . وعلى كل وبعد حوالي 20 سنة تقريباً وصل كتاب التفسير الى روما حيث استعمله السكرتير البابوي جوهان ويلمانستتر Johann Widmanstetter ، ليفسر للبابا كليمان السابع Pape Clément VII ، سنة 1533 مبادئ النظام الفلكي الجديد . ولم يثر أحد ، لا البابا ولا غيره في روما اعتراضات لا ضد النظرية ولا ضد المؤلف . بل بالعكس فبعد ثلاث سنوات أي 1536 قام اسقف كابو Capoue وهو احد اعضاء الحوزة الرومانية واسمه نقولا شومبرغ Nicolas Schönberg ودعا

« كوبرنيك » الى نشر اكتشافاته وطلب منه أن يعطيه على ثقته نسخة من عمله . ولكن كوبرنيك Copernic لم يعمل بنسخة الكاردينال . ورغم أن أصدقاءه الآخرين ، وخاصة صديقه تيدمن جيز أسقف كولم ، قد ألحوا عليه بان النشر واجب تجاه العلم وتجاه البشرية إلا أن « كوبرنيك » لم يقرر ذلك . فقد كان يخاف من الفضيحة ومن ردة فعل رجال الدين ، ومن الغيبة القاتلة . وهو موقف حذر جداً ولا شك ، ولكنه في عمله في ذلك الزمن .

وفي سنة 1539 وصل الى فرونبورغ استاذ شاب من جامعة ويتنبرغ ، اسمه جورج ريتيكوس Georg Joachim Rheticus (1514 - 1574) وسمع اخباراً عن النظريات الجديدة التي قال بها « كوبرنيك » وأراد أن يعرف كتبها . ومن المفيد أن نقول ان السلطات في ورمي لم تعارض زيارة هذا الأستاذ الملمد ، وكذلك سلطات جامعة ويتنبرغ ، وحتى لا يبقى النور خفياً ، قام ريتيكوس Rheticus بعد عدة أشهر من وصوله بتلخيص كتاب « كوبرنيك » . وسماه « التلخيص الأول » وناراسيو برينج Narratio Prima ، جعله بشكل كتاب ارسله الى معلمه جوهان . شونر Johann Schöner ، وطبعت هذه الرسالة في داتزغ سنة 1540 .

ونالت هذه الرسالة نجاحاً كبيراً . وطبعت طبعة ثانية سنة 1541 في بال . وأصبح العالم العلمي بعد الآن يمتلك العناصر الأولية للنظرية ، وكذلك الأسباب التي حملت . « كوبرنيك » على ابقاء كتابه سرياً ، أصبحت بدون معنى . ولهذا قرر « كوبرنيك » نشر كتابه . واعطيت المخطوطة الثمينة الى تيدمن جيز Tiedemann Giese الذي نقلها الى ريتيكوس Rheticus الذي عاد في هذه الأثناء الى ويتنبرغ . وقام ريتيكوس Rheticus بطبع المخطوطة في نورمبرغ بواسطة جوانس بطرس Johannes Petreius . ويذكر « جيز » أن « كوبرنيك » رأى وهو على فراش الموت في 24 أيار سنة 1543 أول نسخة مطبوعة من كتابه .

مقدمة أوسيندر Osiander : ولكن ريتيكوس Rheticus لم يحسن القيام بمهمته . فقد عين سنة 1542 استاذاً في جامعة لينز . وترك مهمة مراجعة الطبعة لصديقه اندريا أوسيندر Andreas Osiander وهو تيولوجي لوثري مشهور ، ولكنه هرطوقي قليلاً . وقام هذا ، وكان يعرف بالتجربة الشخصية مساوئ الاضطهاد ، كما كان يخشى ردة الفعل العنيفة من قبل رجال الدين وجماعة «ارسطو» فقرر اتخاذ بعض الاحتياطات . وفي الواقع ان جرأة «كوبرنيك» قد أذهلت هو بالذات ؟ ان التصور الجديد للكون مناقض تماماً للكتاب المقدس ، وكان أوسيندر لوثرانياً مؤمناً بما فيه الكفاية لكي يشك بحرفية الوحي .

ولهذا سبق ان اقترح على « كوبرنيك » سنة 1541 حلاً أنيقاً لهذه المشكلة وذلك باعتماد نظرية ظاهراتية للعلم ، فالعلم - وخاصة علم الفلك - برأي « أوسيندر » ، ليس له الا غاية واحدة وغرض واحد ، هو « انقاذ الظاهرات » ولم يكن قصده أي قصد العلم العثور على الأسباب الخفية ولا على الحركات الحقيقية للأجرام السماوية . لأنه عاجز عن ذلك - بل غايته ربط وترتيب الملاحظات بواسطة فرضيات تمكنه من الحساب ومن التنبؤ مسبقاً بالأوضاع (المربئية والظاهرة) للكواكب . وهذه

الفرضيات ، فرضيات « كوبرنيك » وغيره من الفلكيين ، يجب أن لا تدعي أنها حقيقية ، وواقعية ، بل أن تكون فقط بسيطة ، وأن تكون ملائمة للحسابات . وهذا ما شرحه « أوسيندر » في مقدمة مزعومة تحت عنوان « إلى القارئ » ، حول فرضيات هذا الكتاب (كتاب ريفوليسيونيوس De revolutionibus) . ولم يوقع على هذه المقدمة ، بحيث ظلت لمدة طويلة وكأنها صادرة عن « كوبرنيك » بالذات ، وظن بعض القراء ، ومن بينهم الكاردينال بلارمين Bellarmin أنها تعبر عن فكر كوبرنيك . وطبعاً هذا خطأ . لأن كوبرنيك لا يشاطر « أوسيندر » وضعيته الإيجابية . أن منهجيته العلمية واقعية خالصة .

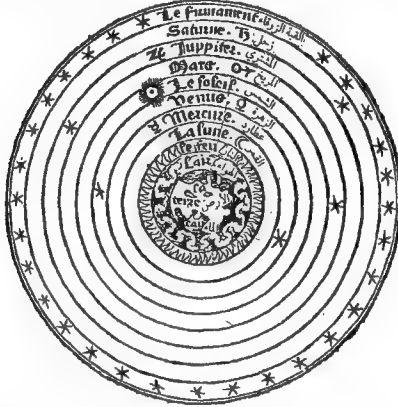
اسم النظرية الجديدة : تكوين الفكر عند « كوبرنيك » : يفسر كوبرنيك في التقديم الذي وجهه إلى البابا بولس الثالث Pape Paul III ، والذي يشكل مدخلاً لكتابه ، يفسر الأسباب التي حملته على وضع نظرية جديدة حول حركات الكواكب : وملخصها الخلاف بين الرياضيين ، وتعدد وتنوع الأنظمة الفلكية وكذلك عجز هذه الأنظمة كلها عن تمثيل الحركات الظاهرة بدقة ، وقائتها آمنة لمبدأ الحركة الدائرية المنسجمة والموحدة . وكان من الواضح أن « الرياضيين » إما أنهم أهملوا المبادئ الأساسية ، أو أنهم ادخلوا فرضية خاطئة في انظمتهم ومنهجهم .

ويعد أن قرأ كوبرنيك كل الكتب الفلسفية التي تعالج هيكلية الكون ، وجد عند بعض المؤلفين مثل هيسيتاس Hicetas ، وميراكليد دوبون Heraclide du Pont ، واكفونتوس Ephantus أنهم كانوا يؤمنون بحركة الأرض . وهذا المثل دفعه إلى تفحص هذه النظرية بنفسه ، رغم استحالتها الظاهرة . وتبين أنها تقدم تفسيراً ممتازاً للظواهر السماوية وتؤدي إلى عالم كامل الانظام . والنتيجة التي تفرض نفسها : خطأ الرياضيين أنهم جعلوا الأرض محور الكون ومحور الحركات السماوية .

وكانت المعلومات الموجزة نوعاً ما التي قدمها « كوبرنيك » حول تاريخ فكرته تتيح له أن يستخلص بعض الاشارات التي تؤكد وتثبت النظريات الموجودة في كتاب كومتاريولوس Contmentariolus « التأويل » ، كما هو الحال عند ريتيكوس Reticus . ويقول « كوبرنيك » بوضوح مأخذه على نظام « بطليموس » : أنه بالدرجة الأولى عاجز عن أن يبقى أميناً للمبدأ الأساسي الفائل بانسجامية الحركة الدائرية للأجرام السماوية ، وأنه شوه هذا المبدأ باختراعه ما يسمى بـ equants ، وبالدرجة الثانية أنه أعطى صورة غير عقلانية عن الكون .

يذكر كوبرنيك بخلال مؤلفه (الكتاب الأول) وهو يعرض المصاعب اللازمة لنظرية حركات الزهرة وعطارد (فينوس ومركور) ، يذكر بتصور وارد عند مارتينانوس كابلا Martianus Capella . ويعجبه يدور الكوكبان المذكوران حول الشمس . ويضيف « كوبرنيك » أنه إذا أراد أحد تطوير هذا التصور يتوجب عليه أن يضع الشمس في وسط حركات زحل (ساتورن) والمشتري (جوبيتر) والمريخ (مارس) ، وهكذا يعثر على التفسير الحقيقي لحركاتها . مسار غريب لأن الشمس تلعب دوراً عادياً في علم الفلك البطليموسي . فهل نجد هنا ذكراً لمسار فكره الخاص ؟

يقول ج.ج. ريتيكوس G.J. Rheticus في كتابه (نراسيوبرما Narratio Prima) ان التغييرات الكبيرة في لمعان كوكب المريخ عند بزوغه صباحاً قبل الشمس وفي الفسق بعد المغيب هي التي اقنعت «كوبرنيك» ان الشمس هي مركز حركات هذا الكوكب . ويبدو هذا دالاً على نفس مسار

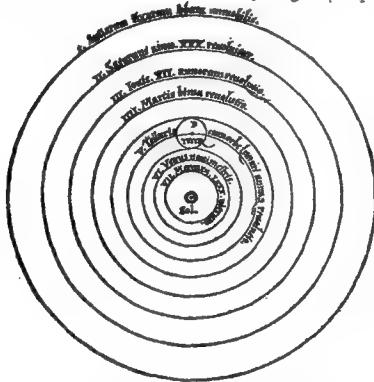


صورة 4 - الكون الوسيط : وصف « الدوائر السماوية » بحسب بطليموس .أ. فينه ، نظرية السماوات ، 1528)

الفكرة ومع ذلك لو اتبع كوبرنيك هذا التحليل الذي رسمه جان سكوت اريجين Jean Scot Erigène Tycho Brahé لا نظامه هو . ولتجاوز هذه المرحلة ، ووضع الشمس في مركز الكون ، ووضع الأرض بين الكواكب كان لا بد من شيء آخر ضروري ، هو بصورة خاصة الالهام الفيتاغوري العميق الذي يعتبر باحث كوبرنيك Copernic ، والذي نجد

تعاير ملفته له في كتاب نراسيوبرما Narratio Prima الذي وضعه تلميذه ريتيكوس Rheticus وبالواقع يتضمن كتاب كوبرنيك ريفوليسيونيوس De revolutionibus نشيداً حقاً للشمس - التي هي عين وفكر الكون وعميله ، وهي الإله المرئي بحسب فول تريسميجيست Trismegiste ، فضلاً عن ذلك يبدو التحليل الذي يعطي للشمس المكانة المركزية نظراً لكاملها - « من في هذا المعبد الكوني يضع هذا المصباح البهي في مكان آخر أو أفضل ، غير المكان الذي منه يمكن انارة كل شيء بأنه

واحد ؟ - هذا التحليل يكشف عن تحول جذري في الحساسية الهندسية التراتبية، التي، خلافاً للتحول الذي تقول به الأرسطية والمسيحية، في المركز الرئيسي لا في المركز الأدنى أو الأقر، بل تقول برأي الفيثاغوريين أنها في المقام الأجل والأشرف.



صورة 5 - الكون عند كوبرنيك (ديفوليسينيوس ... 1543)

تبسيط الأوليات الكوكبية : يأخذ « كوبرنيك » على علم الفلك المقبول عموماً في زمانه ، فضلاً عن نواقصه المذكورة ، يأخذ عليه تعقيداته الكبيرة . وبهذا المعنى كتب يقول : من الأفضل افتراض حركة الأرض ، وإن بدا ذلك مستحيلاً ، من أن نترك الفكر يضيع أو يتمزق بتعدد الدوائر والمدارات في علم الفلك القاتل بمحورية الأرض . وعندما ننظر إلى الرسيمة التي وضعها لعاله نؤخذ بجماها ويساطتها . مع أن هذا الشعور ليس صحيحاً تماماً . أن عدد الدوائر في علم الفلك البطليموسي لم يكن كبيراً كما قال « كوبرنيك » . وكوبرنيك اضطر إلى القول بوجود 34 مداراً . وقد اصدر هذا القول في عرضة التمهيلي . ولكنه نحى فيما بعد عن هذه المقارنة . وبهذا الشأن ، ونظراً لأن تقنية « كوبرنيك » الرياضية مماثلة لتقنية « بطليموس » (نظراً لتخليه عن الايكوانتس (Equants) أو التوازن) أو حتى التقنية إيبارك Hipparque (الكواكب لا تتحرك حول الشمس ولا القمر حول الأرض) ، وفقاً لدوائر كاملة وبسرعة موحدة ، مع هذين ، بالحاجة إلى دمج الحركات الدائرية - الدوائر ذات المحور الواحد والمتحركات المختلفة - « لكي ينقذ الظاهرات »، أي لكي يجد من جديد معطيات الملاحظة . ويعتبر تحويل الحركة اليومية من الكرة السماوية إلى الأرض

تقدماً ضخماً . ولكنه لا ينقص من عدد الحركات . وتحويل حركة الشمس السنوية الى الأرض، كما اثبتها كبلر Kepler بكفاءة يربحنا دائرة بكل كوكب : الناقل بالنسبة الى الكواكب الدنيا والايبيسيكل او التمحور بالنسبة الى الكواكب العليا . ولكن ترك التوازن (Equants) ، هذا العنوان المجيد بالنسبة الى علم الفلك الكوبرنيكي يدخل تعقيدات ويقتضي بالمعكس من ذلك اضافة دائرة إضافية . وفيما يتعلق بالأرض اضطر «كوبرنيك» الذي يؤمن بالمدارات المادية التي تحمل الكواكب ، ان يسند الى الأرض، فضلاً عن حركتها اليومية الذاتية والحركة المدارية، حركة ثالثة تحفظ لها ثبات اتجاه محور دورانها . وبذلك استعمل هذه الحركة الثالثة بعد جعلها ابطأ من الثانية (المدارية) ، ليفسر تتابع الاعتدالات . وخلافاً لكل قاعدة نجح كوبرنيك Copernic ، بشأن نظرية القمر التي لا تتأثر بالقول بمركزية الشمس ، نجح كوبرنيك Copernic في تبسيط هذه النظرية بعد تحليلها من التوازن (Equants) (وهذا يدلنا على ائزان عبقرية الحسابية) وذلك بتخليصه نظرية القمر هذه وجعلها بذات البقت اكثر قرباً من الظواهر مما كانت عليه نظرية «بطليموس» .

تنظيم الحركات الكواكبية : ولكن تفوق نظام «كوبرنيك» لا يقوم فقط على انقاص عدد الحركات السماوية والدورات المطابقة لها . إن هذا التفوق يقوم على توحيد ومهجة هذه الحركات : ان مدة مسار الكوكب حول الشمس تتبع أو هي رهن بالمسافة التي تفصل هذا الكوكب عن الشمس .

هذا التفوق موجود أيضاً في تفسير علم انتظام الحركات الظاهرة وما يعتريها من بطء وتوقف وتقهقر ، ورکض الى الامام بفعل البعد المتأني من حركته المراقب بالذات . وعلى هذا الأمر يركز ريتيکوس Rheticus الذي يشير الى مدى التبسيط الذي تقدمه فرضية حركة الأرض عند تفسير الظواهر السماوية .

يقول لنا بهذا الشأن : «ترصد الكواكب كل سنة وتبدو كأنها تحركها حركة مستقيمة او متقهقرة ، فتبدو وكأنها واقفة او قريبة أو بعيدة من الأرض الخ . ان كل هذه الظواهر ، كما يثبت ذلك معلمي يمكن أن تفسر بحركة منتظمة تقوم بها الأرض الكروية حول الشمس ضمن مدار يسميه معلمي للدار الأكبر . ويضيف : في الواقع هناك شيء إلهي في الواقعة بأن فهماً اكيداً للظواهر السماوية يجب ان يتعلق بالحركات المنتظمة والموحدة للكرة الأرضية وحدها

جهود الكرة السماوية : يبدو هجوم «كوبرنيك» على علم الفلك وعلم التنجيم التقليديين مهما للغاية ، فهو يبين لنا ان الانتقال من محورية الأرض الى محورية الشمس لا يقتضي اخلال نظام الدوائر أو الحركات السارية محل نظام آخر بقدر ما يقتضي الايمان بثورة فكرية اكثر عمقا وذات مدى ابعد من الاكتفاء باصلاح سهل وبسيط لعلم الفلك . يرد «كوبرنيك» على «بطليموس» ، وبصورة خاصة على «أرسطو» ، بقوله انه من غير الممكن ارادة تحريك المكان من دون تحريك محتل هذا المكان ، وانه بسبب ذلك يجب أن تعتبر السماء المنجمة ، التي هي مكان الكون ، كما يقول أرسطو ، يجب أن تعتبر ثابتة غير متحركة . وهذه الحجة تبدو لنا معقولة تماماً . وبالفعل نشعر بأنه مخالف للعقل ترك هذا الكون الواسع غير المتناهي بالنسبة اليينا يدور حول حبة غبار صغيرة . نحن مقتنعون بذلك . ولكن

الأرسطوي (أو البطليموسي) لا يقتنع . فعالمه وإن كان كبيراً نوعاً ما - عشرين ألف شعاع أرض تقريباً - ليس ضخماً وهو يتعارض في توسيعه - إذ لا مبرر له من وجهة نظره - من قبل « كوبرنيك » . فهذا الأخير لكي يتفادى الاعتراض الطبيعي جداً والمقاتل بأن على الحركة المدارية للأرض أن تظهر تغيرات ظاهرية (نجوماً ثابتة) ، اضطر أن يكبر شعاع الكون (بحوالي ألفي مرة على الأقل) كما اضطر على التأكيد أنه (بالنسبة إلى كرة الثوابت وهي كرة يؤكد هو وجودها) ليست الأرض (كما يقول «بطليموس») بل المدار الأرضي « المدار الكبير » « هو كالنقطة » ، وهذا تحليل لا يستطيعه الأرسطوي أن يرى فيه إلا ادعاء مبدئياً ، أما نحن ، فبالعكس ، لا نستطيع ألا نعجب بهذه « النزعة القوية نحو الحقيقة » والتي تتأجج في عقله .

دوران الأرض - جواب على اعتراضات التقليديين : ثم إن التقليدي يشعر بوجود تعارض اسمي وكمي ، بين الأرض ، الثقيلة الجسامدة والأجرام السماوية التي لا وزن لها : فلتحريك الأولى لا بد من محرك خارجي مادي ذي قوة هائلة . أما حركات الأخيرة فهي بالعكس ، نتيجة لكمالها ، أي لطبيعتها بالذات . إلا أن « كوبرنيك » لا يشعر بشيء من هذا ، فالأرض في نظره لا تتعارض من حيث نوعيتها مع بقية الكواكب : بل هي واحدة منها . وما يصلح لهذه يصلح للأرض . ويرد كوبرنيك على الاعتراض الفيزيائي بأن دوران الأرض يجب أن يولد قوة ضخمة ، خارجة من المركز (سانتريفوج) من شأنها أن تحطم الأرض إلى شظايا ، بأن نفس الإعتراض يمكن أن يثار ضد حركة السماوات ، خصوصاً وأن سرعة حركتها أعظم بكثير من سرعة حركة الأرض .

وقد أثار علم الفلك البطليموسي وكذلك فيزياء « ارسطو » ، اثباتاً لجماد الأرض في مركز الكون ، الحجة بأن الأجسام الثقيلة تهبط كلها نحو « الأسفل » أي نحو هذا المركز ، وأنه هنا ، بالتأكيد مقرها الطبيعي . يرد كوبرنيك : هذا غلط . إن الأجسام الثقيلة لا تنزع نحو وسط العالم . فالثقل ليس إلا النزوع الطبيعي لأجزاء كل - فصلت عن هذا الكل ، لكي تعود إليه . ولهذا فالأوزان الأرضية ، لا تسعى إطلاقاً للارتقاء من « مركز العالم » لتستريح فيه ، بل تكفي فقط بالنزوع نحو وكلها أي الأرض . ويكون الأمر كذلك ، فيما يخص هذه الأجزاء المقصولة عن القمر وغيره من الكواكب . أنها تنزع نحوها ، لا نحو مركز الكون . وهكذا يتبين أن الفضاء الكوبرنيكي ليس أبداً الفضاء المختلف فيزيائياً ، فضاء « ارسطو » لا شك أنه يبقى محدوداً ومغلوقاً ضمن قبة السماء . ولكنه داخل هذه القبة مهندس ومحكوم .

يقول كوبرنيك : « ولكن ماذا نقول عن الغيوم وغيرها من الأشياء العائمة في الهواء ، وكذلك الأشياء التي تهبط ، أو بالعكس تنزع نحو الأعلى ؟ » وذلك في مجال الرد على الاعتراض القديم على حركة الأرض ، المقاتل بأنه : إذا كانت الأرض تتحرك ، فإن الحجارة الملقوفة في الهواء (أو الملقذوفة من أعلى برج) لا تقع أبداً في المكان المقصود من قبل الرامي (أو عند أسفل البرج) ، بل تظل متأخرة ،

كما « تبقى متأخرة أيضاً » الطيور ، والغيوم والهواء ذاته ، الذي يشكل ، هذا ، عاصفة رهبة تصفر باستمرار دائم من الشرق نحو الغرب ؟

يرد كوبرنيك بكل بساطة : لما كانت هذه الأشياء أرضية ، فإنها والطيور والسحب والهواء وحتى النار تشارك في حركة الأرض وتنجر وراءها . من جراء هذا « فالأشياء التي تقع وترتفع » تقوم بحركة مختلطة بالنسبة الى الكون ومؤلفه من مستقيم ومن دائري ، يبدو لنا ، نحن ، مستقيماً .

أهمية الحركة الدائرية المنسجمة : « وكوبرنيك » الذي يبدو وكأنه قد استلهم « نقول دي كوي » ، يعتقد بأن الشكل الكروي - وهو الأكمل هندسياً وإن كل الأجسام الطبيعية تفتش عنه بسبب هذا الكمال بالذات - ليس هو الأكثر أهلية للحركة فقط - وهذا ما يسلم به الجميع - بل أنه سبب كافٍ لها ، وأنه يولد بالطبع الحركة الأكمل والأكثر طبيعية لأي الحركة الدائرية .

نحن نفهم الآن لماذا اعتبر « كوبرنيك » مبدأ الحركة الدائرية المنسجمة كأساس لكل الحركة السماوية : انه الوسيلة الوحيدة لجعل الآلة الكونية تتحرك . فالجسم المستدير مثل المدار الكوني اذا وضع في الفضاء فسوف يدور على نفسه دونما حاجة لحرك مجعله مستمراً في الدوران ولا هو بحاجة الى مركز فيزيائي مثل المركز الذي لم يستطع « أرسطو » الاستغناء عنه . ولهذا لا يوجد مثل هذا المركز في علم الفلك الكوبرنيكي .

مركز الشمس ودورها : اذا كان « كوبرنيك » يضع الشمس في وسط الكون فهو لا يضعها في مركز الحركات السماوية . ان مراكز الاجرام السماوية ليست داخل الشمس بل حولها . واذا كان عالم كوبرنيك شمسي المركز فان علم الفلك عنده ليس كذلك مباشرة . فحركات الكواكب لا تتعلق بالشمس بل تتعلق في مركز مدار الأرض الذي هو خارج المركز بالنسبة الى الشمس Excentrique وهذا المركز في المدار الأرضي يدور بنفسه حول الشمس - وبصورة أدق أنه موضوع على مدار صغير Epicycle هو مركزه - ولكن حركته بطيئة جداً - فالمدار يدور خلال 3434 سنة اما مركزه Déférent فيدور خلال 53000 سنة بحيث لا يظهر في الحساب عملياً . وينتج عن ذلك مفارقة هي ان الشمس في ميكانيك كوبرنيك تلعب دوراً ضعيفاً جداً . ان وظيفتها الرئيسية هي شيء آخر : فهي تنير الكون وتعطيه النور وهذه وظيفة مهمة جداً تفسر وتؤمن المكانة التي تحتلها الشمس في العالم . انها الاولى من حيث الشأن وهي المركز من حيث الموقع .

كون « كوبرنيك » : لم يكن كوبرنيك « عصرياً » . وكونه ليس الفضاء اللامتناهي كما يقول علم الفيزياء الكلاسيكي ان كونه له حدود مثل كون « أرسطو » . انه أكبر بكثير ، كبير الى درجة انه لا يقاس . ولكنه له نهاية ومحدود بكرة النجوم الثابتة . والشمس في مركزها . وحول الشمس تقوم المدارات التي تدعم وتعمل الكواكب ، مدارات حقيقية مثل الكرات البلورية في علم الكون الوسيط . وتدور المدارات بسبب شكلها وتعمل معها الاجرام الناتئة المثبتة داخلها مثل الجواهر في عقدها ، منسجمة في حركاتها مع قوانين الميكانيك السماوي المتحرر من الأخطاء التي أدخلها « بطليموس » .

وشيء عجيب ولكنه كثير الوقوع في التاريخ خرجت الثورة من الإصلاح ، والحركة المتقدمة خرجت من الرغبة بالرجوع الى الوراء . من ذلك أن المعاصرين لكوبرنيك أولوا كتبه هكذا : عودة الفيثاغورية على يد « بطليموس » جديد .

III - انتشار أفكار كوبرنيك

يعبر عمل « كوبرنيك » عن رؤية كونية كما يعبر عن فكر علمي . وهذا ما يفسر ، الى حد ما بطء انتشار الكوبرنيكية .

إذا كانت معرفة نظام « كوبرنيك » قد انتشرت ببطء ، وإذا كانت فائدة كتبه قد ظلت حية ناشطة الى درجة انها دفعت في سنة 1566 الى اعادة طبع كتابه « رفوليسيونيبوس De Revolutionibus » مع كتاب « ريتيكوس نراسيوبري . Narratio Prima de Rhetico » كملحق . فقد اختلف الأمر بالنسبة الى تبنيه . فقد أثار الإعجاب - خلافاً لتوقعاته - وقد أُنْجِذَ عنه عدة أساليب في الحساب . وقد قرن اسمه غالباً بالقاب مثل « بطليموس » الثاني . ولكنه قلما أتبع . فضلاً عن ذلك ومن بين الذين اتبعوه يجب ان نفرق بين الذين يرتضون الكوبرنيكية كتقنية رياضية جديدة وعالية ، أعلى من تقنية بطليموس ، ويستخدمونها لبناء الجداول وحساب الرزنامات اليومية ، وبين الذين يرتضون مركزية الشمس كمعبر عن حقيقة فيزيائية في الكون ، وكذلك الذين يضعون على نفس المستوى فرضية فلكية كوبرنيك وفرضية بطليموس .

المانيا والبلدان المنخفضة وإيطاليا : من بين الذين يؤمنون بحقيقة الكوبرنيكية نذكر في المانيا ريتيكيوس Rheticus ، وكريستوف روثمان christoph Rothmann الذي كان فلكي الأمير غيليموم الرابع Guillaume IV أمير هسكامل . وميشال ماستلين Michael Mästlin معلم كبلر Kepler الذي نشر في سنة 1596 كتابه اسرار الكون . ثم ان ريتيكيوس Rheticus في اواخر حياته وضع بعد ان استلهم باراسلس Paracelse مشروع كتاب عن علم الفلك الألماني ، ولم يوضح طبيعته . في حين ان ارasmus رنهولد Erasmus Reinhold مؤلف الجداول الشهيرة : « تابولا بروتينيكيا Tabulae Prutenicae » التي وضعت لتصحيح النتائج العملية عند « كوبرنيك » ، وضع تفسيراً لكتاب كوبرنيك ديفولوسيونيوس (الذي ظل غير مكتمل وغير مطبوع) ، دون ان يقبل حقيقته الفيزيائية رغم انه مجد كوبرنيك بلقب « الأطلس الثاني » ، كما انه لم يعط بياناً نظرياً عن نظامه في كتابه « الجداول » . وأندس ارasmus أوزولد شريكن فوش Erasmus Oswald Schreckenfuhs وهو ناشر بطليموس ، كوبرنيك كثيراً ، وقال بإمكانية تبرير حركة الأرض الى حد ما . وهو أقرب أن يكون مجيذاً لكوبرنيك . ونضيف أيضاً الى مؤيديه كريستيان أورستيس Christian Wursteisen (أولاستينيوس من بال) الذي ، حسب ما روى غاليليه Galilée ، أعطى في إيطاليا محاضرات عن كوبرنيك . (إلا أن غاليليه يجعلها في روستوك) .

وفي البلدان المنخفضة هناك جيما فريزيوس Gemma Frisius مجتد لا يرى بطلان حركة الأرض. ولكنه اقل اهتماماً بصحة النظرية الجديدة من اهتمامه بالجدول ، لأنها أكثر دقة من الجداول الموجودة ، رغم أن النظرية هي قاعدة تنظيم الجداول . وفي إيطاليا رفض بنيتي Benedetti التصور الأرسطي للكون وتكلم عن كوبرنيك Copernic باعجاب ولكنه لم يفهم عقيدة كوبرنيك ولا يمكن أن يعتبر من انصاره حقاً . أما جوردان برونو Giordano Bruno فهو مناصر مقتنع . انه الكوبرنيكي الإيطالي الوحيد قبل « غاليلي » . رغم أن نشاطه الفلسفي والأدبي لم تكن إيطاليا مسرحه بل فرنسا وانكلترا وألمانيا .

انكلترا : في انكلترا اشار روبرت ريكورد Robert Recorde في كتابه قلعة المعرفة ، لندن 1556 الى نظرية كوبرنيك باعجاب واعتبره كباعث للأفكار الفيشاغورية ولأفكار أريستارك Aristarque من ساموس ولكنه لا يشير الى صحة نظريته بشيء .

وبالمقابل نشر جون فيلد John Feild روزنامة ظهرت في نفس السنة وحسبت بحسب قواعد «كوبرنيك» ورينولد الحقيقية بصراحة خالصة .. وبالمقابل اكتفى جون دي في مقدمته للروزنامة ، بحذر ، بموقف رينولد Rheinholt . ومع ذلك وبعد سنتين تكلم دي Dec نفسه في كتاب له بروبيديما أفوريستيكا Propaedeumata aphoristica . . . (1558 لندن) عن الحركة السريعة للعبة السماوية وعن حركة الشمس .

وبالمقابل كان توماس ديجز Thomas Digges كوبرنيكياً حقيقياً . فمنذ 1573 وفي مقدمة كتابه الآمي سكالاماتيماتيكا Alae seu scalae mathematicae ، وهو كتاب مخصص للدراسة مستنعر «نونا Nova » 1572 التي يضعها في السماء فوق القمر وأعلن ديجز خطأ نظام «بطليموس» . وفي سنة 1576 في كتاب برفيت دسكريشن أوف ... Perfit Description of the الذي ضمه الى إعادة طبعة بروغنوستيكاسيون Prognostication ، وكان وضعه والده ليونارد ديجز Leonard Digges ذهب « توماس ديجز » الى أبعد من ذلك . ففي «الوصف» دسكريشن الذي يعتبر تاريخاً مهماً في تاريخ الفكر البشري لم يكف توماس ديجز بترجمة بعض صفحات ريفوليسيونيوس بل أعطى عرضاً « ممتازاً » للنظام الكوبرنيكي الفلكي بل وايضا ، تجاوز « كوبرنيك » ، وانكر وجود كرة الثوابت . وأعلن أن المدار التي توجد فيه الكواكب على مسافات مختلفة من الشمس تمتد الى اللانهاية في الأعلى . لا شك أنه يماهي أيضاً هذا المدار اللامتاهي مع مملكة السماوات ، ويجعله مأهولاً بالقدسين والملائكة . ورغم هذا فإنه يعتبر الأول. قبل برونو Bruno ، في التأكيد على لانهاية الكون الشمسي وأنه فجر القبة السماوية التي تحيط بالكون وتحمده . و«ديجز» هذا هو الأول الذي تجرأ على انكار أية قيمة للاعتراض الكلاسيكي على حركة الأرض وعلى ذريعة الحجر المقدوف من أعالي البرج . وأكد أن هذه التجربة لا يمكن أن تثبت شيئاً لأن الحجر المتروك من أعلى سارية سفينة وهي تسير يقع عند أسفل السارية .

هل ان . دسكريشن Description الذي وضعه « ديجز » كان غير معروف عند الإنكليز ؟ ربما

كان وليم جلبرت William Gilbert قد قرأه . فقد انكر هذا الأخير ، بقوة أكثر من « دغجز » وجود الكرات الساوية وقال بلا نهائية الفضاء والكواكب التي تعمُرُه وبالمقابل ، وفي كتابه المسمى ماغنيتة 1600 De magnete ، أكد على الدوران اليومي للأرض وفسره بفعل القوى المغناطيسية ، ولكنه قد اغفل مناقشة الحركة المدارية . ويبدو « جلبرت » هذا مثل باتريزي Patrizi وارسوز Ursus وغيرهما نصف كوبرنيكي .

فرنسا : الأمر الغريب ان فرنسا لم تعرف أي كوبرنيكي حق : ان بونتوس دي تيار Pontus de Tyard ، وجون بينا Jean Péna وجاك بلتيه Jacques Peletier . لا يخفون تقديرهم للعقيدة الجديدة ولكنهم لا يؤيدونها علناً . اما بيار راموس Pierre Ramus الذي يفترض بعدائته للأرسطية ان تحمله على تأييد « كوبرنيك » ، فهو يرفض في الواقع علم الفلك الجديد ، باعتباره مثل القديم مثقلاً بالفرضيات الفيزيائية والميتافيزيائية . وهو يريد علم فلك مبنياً على الحساب الخالص ، محرراً من كل رابط بالكوسمولوجية أو حتى من ميكانيك ساوي شبيه ، بحسب رايه بنموذج علم الفلك القديم الكلداني والمصري . لا شك أن كوبرنيك هو فلكي جدير بالاعجاب وقد رفض النظريات القديمة المبنية على وحدة مركز الدوائر وعلى النوائر ضمن الدائرة الكبرى وخارجها ، واعاد احياء الفرضيات المدهشة التي تفسر الظواهرات بحركة الأرض لا بحركة الكواكب . ولكن للأسف يقول راموس : ان كوبرنيك لم يرفض كل الفرضيات ، إذ كان من الأسهل عليه أن يضع علم فلك يتوافق مع المواقع الحقيقية للكواكب ، من « ان يحرك الأرض كعملاق » . ولهذا كان يأمل بوضع نظام فلك جديد قائم على الملاحظات وعلى المنطق والرياضيات مع رفض كل افكار القدماء . وزعم « كبلر » انه فعل ذلك : لم يرفض كل الفرضيات بما فيها فرضية الحركة الدائرية التي احتفظ بها « كوبرنيك » ؟

بطء الانتشار : رأينا ان الكوبرنيكيين كانوا قلائل في القرن السادس عشر ولكن الشروحات حول نظرية كوبرنيك كانت أقل بكثير . ومن الناحية العملية ، وإذا استثنينا نراسيورما لريتيفوكوس Narratio Prima de G.J. Rheticus فان الشروحات لا وجود لها . وبهذا الشأن لم يقيم المعجبون ، وحتى المحبذون لكوبرنيك، ولا ارستينيوس Urstius ولا ماستلين Mästlin ولا شريك فوش Schrecken Fuchs الذين وضعوا تأويلات لسفيراسا كروبوسكو Sphaera de Sacrobosco أو لتيورريكا نونفا لبورباخ Theoricae novae de Peurbach ، جميع هؤلاء لم يلخصوا الكوبرنيكية ، ولا أيضاً روثمان Rothmann ، أن نيكوبراهي Tycho Brahe هو الذي نشر سنة 1596 ، في كتابه ابيستولاروم استرونوميكاروم لير Epistolarum astronomicarum liber الكتب والرسائل الذي ارسلها اليه « روثمن » دفاعاً عن « كوبرنيك » ضد هجمات الفلكي الداغري . أما « ريتيكوس » ، وان اصدر سنة 1550 الروزنامات الكوبرنيكية الصريحة ، فلم ينشر ناراسيو سيكوندا Narratio Secunda الذي اشار اليه في كتابه «برما» والذي لم يجعله صدور ريفوليسيونيوس ، وهو كتاب صعب مثل كتاب « المجسطي » ، عديم الفائدة على الإطلاق . ويبدو فضلاً عن ذلك انه اعمل بصورة تدريجية علم الفلك وخصص كل طاقته لوضع علم للمثلثات الذي احتل فيه ريتيكوس Rheticus مكانة مشرفة جداً الى جانب الداغري نوماس فنكي Thomas Fincke (جيوماتريا روتندي 1583

(Geometrica rotundi) . وكان في الواقع الأول في معالجة الوظائف الست التريغو نويمترية بصورة منهجية . وقد تضمن كتابه اوبوس بالاتيونوم دي تريونجولوس opus palatinum de triangulis (نوستاد 1596) والذي اكمله تلميذه فالتين اوثو Valentin Otho ونشره بدلاً منه ، وهو كتاب ضخم (نصف قطع) ، تضمن جداول عن هذه الوظائف ، محسوبة من عشر ثوانٍ إلى عشر ثوانٍ والشعاع اعتبر مساوياً 10^{10} ثم 10^{15} .

المقبات الرئيسية : هذا الانعدام الكامل للكتب التي تعرض لنظرية « كوبرنيك » يشير المعجب ، ويُفسر جزئياً من دون شك ، بالخوف ، الذي يعترف به شريك فوش Schrecken Fuchs بشرف : الخوف من معارضة سلطة « ارسطو » والوحي . وايضاً يجب التوضيح ، وعدم المبالغة في أهمية التعارض بين القول بمركزية الشمس Heliocentrisme والمعتقد الديني .

وهذا الشأن يبدو أن الكنيسة الكاثوليكية لم تدرك خطر الكوبرنيكية ، قبل ان يتولى جيوردانو برونو Giordano Bruno - الذي جعل لا نهائياً كون كوبرنيك بحيث غير ينشئه كلية - استخراج نتائجها الكامنة . ويبدو ان « كالفينوس » كان ، أول كاثوليكي قال ، بوجه « كوبرنيك » ، ليس فقط باستحالة نظريته فيزيائياً ، بل بكونها تتعارض مع العديد من المقاطع في « الكتابات المقدسة » (Commentarii in sphaeras تأويل حول الكرة . . . روما 1570) ، الأمر الذي لم يمنعه ، رغم ذلك ، من امتداد كوبرنيك كفلكي بارع ، مع رفضه « للجداول البروسية » لرينهولك Reinhold كاساس لاصلاح الروزنامة . وبالمقابل ، نشر رجل دين اسباني ، هودينوزو زونيغا Diego de Zúñiga سنة 1584 « تفسيراً لسفر أيوب ، حاول فيه اثبات ان « التوراة » لا يتعارض مع « المفاهيم الفيلسوفية السائدة في عصرنا والتي جذعها كوبرنيك » .

وبلدت الكنائس البروتستانتية أكثر بعد نظر ، فتصرفت في الحال . فقام « لوثر » ، Luther ، قبل نشر دي ريفوليسونيوس ، ثم لحقه « ميلانكتون Melanchthon » ، يناديان بالحكم على العقيدة الجديدة بأنها تتعارض « الكتاب » ، وأقام العلمان البروتستانتان بوسر Peucer سنة 1551 وتيودوريك Théodoric سنة 1564 ، بوجهها الحجج الفيزيائية ثم حجية « التوراة » « La Bible » وقد فعل تيكو براهي « Tycho Brahe » مثلهم كما نعلم .

ولكن المعارضة الدينية ، التي لعبت الدور الرئيسي لم تصدر عن البروتستانت . فقد جاءت الحجة : « مخالفة للكتاب المقدس » Ex auctoritate scripturae sanctae تنضاف الى الحجج الفيزيائية وتؤكد لها . ولكن هذه الحجج ، كانت ، في اساسها ، قوية بذاتها لتدحض القول بأحجية دوران الأرض . الى هذه الصعوبات اشار أنصار الكوبرنيكية : فهذه النظرية لا تتعارض فقط مع الحسن السليم ، بل مع تراث فلسفي مستقر ومتماصك ، تدخل فيه الكوبرنيكية كجسم غريب فضلاً عن ذلك ان الكوبرنيكية تتعارض مع تراث جامعي وتربوي ، وتبدو اصام فكر من القرن السادس عشر ، مشوبة بصعوبات قصوى . فقد افترض بهذا الشأن كل من شريك فوش Schreck en fuchs وماستين Mästlin وايضاً ستيفن Stevin ، وهو مؤلف أول معالجة علمية للكوبرنيكية

(راجع ايومينتاماتياتيكيا) بعد معالجة كبلر Kepler ، قال هؤلاء جميعاً بأن المفهوم والأساليب الكوبرنيكية هي أصعب من مفاهيم واساليب التراث ، وليست اسهل منها كما يبدو لنا ذلك . واكثر من ذلك ، وليس اقله انها تشير الى شيء - هو دوران الأرض - يتعارض مع الحس السليم ويقضي من الطلاب جهداً محمليدياً هم غير مؤهلين له ، واكثر من ذلك ايضاً ان تفسير الظواهرات على انها مجرد مظاهر تحدثها تشابكات الحركات الكوكبية مع حركة الأرض ، ان هذا التفسير هو أكثر تعقيداً من التفسير الذي يقدمه علم الفلك القائل بمحورية الأرض (جيو سنترزم) . واعتبر هؤلاء ايضاً ان علم الفلك الكوبرنيكي لا يمكن أن يدرس إلا في نهاية الدراسات . ولهذا استمر الكوبرنيكيون في تعليم علم الفلك البطليموسي ، بوعي تام وكامل ، كما فعل ذلك ايضاً « غاليليه » في بادو . ولكن الوضع تغير في القرن السابع عشر بفضل الاكتشافات المرصدية وبفضل نشوء فيزياء جديدة وتراجع الارسطية . وكل ذلك جعل الحجج التقليدية واهية . ولكن العامل الديني هو الذي اصبح ضاغطاً ، وتغير الوضع : وقامت الكنيسة الكاثوليكية تعارض بشدة وعنف معارضة عقيمة . اما الكنائس البروتستانتية فتساهلت - ربما لمعجزها - وتركزت غيرها يتصرف . وفي القرن السادس عشر كانت المعارضة الجامعة والفلسفية هي السائدة : فقد كان من المقبول تماماً أن يستعمل التقني اساليب الحساب الجديدة ، ولكن كان من غير المقبول تعليم نظرية غير معقولة على اساس انها صحيحة .

اصلاح الروزنامة : عرف النصف الثاني من القرن السادس عشر تحقيق اصلاح مهم هو وضع روزنامة جديدة ، هي الروزنامة الغريغورية ، والتي ما تزال حتى اليوم معتمدة في العالم كله تقريباً . وكان الهدف من هذا الاصلاح ايجاد التوافق بين الروزنامة المدنية الكهنوتية وبين المعطيات الفلكية التي فرضت نفسها : وخاصة من اجل حساب تاريخ عيد الفصح الذي به تتعلق كل الاعياد الأخرى المتحركة في السنة الطقوسية . والروزنامة الجوليانية التي اعتمدتها الكنيسة في مجمع نيسة سنة 325 تركز على سنة مدارية استوائية مدتها 365 يوماً وربع اليوم : من هنا الحقبة الرباعية السنين ، وقوامها 3 سنوات كل سنة فيها 365 يوماً ثم سنة كبيسة رابعة 366 يوماً . الا أن السنة المدارية الحقيقية هي فعلاً 365 يوماً و5 ساعات و48 دقيقة و46 ثانية . وهذا الفرق البالغ 11 دقيقة و14 ثانية بالسنة يتوافق مع خطأ مقداره يوم واحد كل مئة وثمان وعشرين سنة : وهكذا فان التعادل الربيعي الذي كان في أيام «يوليوس قيصر» يقع في 25 آذار ، قد تراجع عند انعقاد مجمع نيسة حتى تاريخ 21 آذار . وفي القرن الثامن لم يشر بيد المحترم Bède Le Vénérable الى تقدم ثلاثة أيام بالنسبة الى التاريخ المعتمد من قبل مجمع نيسة . وفي القرن الثالث عشر قدر ساكروبيوسكو Sacrobosco في كتابه السنة الحقيقية (أي راسيوني Anni Ratione) ، ان السنة يجب ان تقصر . وكذلك روجر باكون Roger Bacon في كتابه تعديل الروزنامة (ريفورماسيوني كالانداري De reformatione Calendarii) ، اقترح على البابا كليمان الرابع Pape Clément IV قرار الواقع الفلكي . ولكن اقتراحه لم يلاق استجابة عند البابا .

ومع تقدم علم الفلك وتزايد الفرق أصبحت المسألة مطروحة . في بيزنطة في القرن الرابع عشر

درس ماتيو بلاستارس Matthieu · Blastarès حساب تاريخ عيد الفصح واعتبر تقفور غير يقو من ان الاصلاح اُصبح محتوماً . ولكن الامبراطور اندرونيكوس Andronicos رفض الاقتراح لأسباب سياسية . وفي الغرب طلب بيار دالي Pierre d'Ailly في سنة 1414 من مجمع كونستانس ومن البابا يوحنا Pape Jean XXIII ، ان يتخذ التدابير اللازمة . وبعد ذلك بقليل تدخل «نقولا دي كوي» بذات المعنى . واستدعى البابا سيكست الرابع Pape Sixte IV الى روما ريجيمو مونتانسوس Regiomontanus وذلك في سنة 1476 ، فقام هذا الأخير باعداد الاصلاح ولكن المشروع توقف بموت الفلكي الكبير . وفي القرن السادس عشر طرح الموضوع من جديد في مؤتمر لاتران Latran سنة 1512 وكتب فيه الكثير ولكنه لم يتحقق . واخيراً ، وفي سنة 1582 أمر غريغوار الثالث عشر Grégoire XIII بأن تتخذ الكنيسة الكاثوليكية نظاماً جديداً في الحساب سمي الرزنامة الغريغورية أو المنهاج الجديد . ويرتكز على نظام وضعه الطبيب الفلكي الشاب ليو ليلو Luigi Lilio . ولكن هذا الطبيب مات قبل اعتياد حسابه بصورة رسمية . وامسندت المهمة في إكمال المشروع إلى كلافيوس Clavius ، لكي يقوم بالحسابات العديدة التي تجمعت في مجلد ضخيم تحت عنوان : روماني كالاندرى غريغوريو 13 ب . م Romani Calendarii a Gregorio XIII P. M.... (روما 1603 ، 680 صفحة نصفية) . ولتصحيح الخطأ المنهجي في الروزنامة الجوليانية ، ألغيت ثلاث سنوات كيسة كل اربع مئة سنة (أي السنوات التي يكون فيها عدداً صحيحاً من المئات غير القابلة للقسم على أربعة) . وكان تصحيح تقدم السنة المدنية على السنة الفلكية بذاته سهلاً التحقيق . اذ يكفي الغاء عشرة أيام . وتؤكد غريغوار الثالث عشر Grégoire XIII من موافقة حكومات البلدان الكاثوليكية واصدر مرسوماً في آذار سنة 1582 يقضي بأن اليوم الذي يلي عيد سان فرنسوا Saint François ، أي 4 تشرين الأول سنة 1582 ، سوف يعتبر اليوم 15 من ذات الشهر .

ولكن الصعوبة الأكبر كانت تكمن في إيجاد اساس ثابت لحساب الفصح ، وهذا يتطلب دمجاً للمعطيات الكواكبية الشمسية والقمرية . وبالفعل ، وبحسب قرارات مؤتمر نييه كان الاحتفال بعيد الفصح في يوم الأحد الذي يلي اكتمال القمر . وهذا يقع في يوم تعادل الليل والنهار أو في اليوم الذي يليه مباشرة . بشرط أن يحدد يوم الفصح بيوم الأحد التالي اذا كان تمام القمر يقع يوم أحد ، وبُشرط أن لا يتطابق اليوم المختار مع عيد الفصح اليهودي .

واحل ليليو Lilio من اجل هذا الحسابات المنفذة بواسطة الأيام الذهبية (المؤسسة على دورة مېتون Méton) ، وذلك بحساب عمر القمر في أول كانون الثاني من السنة . وتميز هذا النظام المعقد والكيفي - لأن اكتمال القمر قد يختلف بيوم او يومين عن اكتماله الحقيقي أقول تميز هذا النظام بأنه يتيح تحديد تاريخ عيد الفصح بما يتلاءم مع الشروط التي وضعها مؤتمر نييه . وقد قبل أخيراً بعد ادخال بعض التعديلات الشكلية عليه من قبل كل الكنائس المسيحية في الغرب . واعتمدت الروزنامة الغريغورية كل من ايطاليا واسبانيا والبرتغال ، وذلك بالتاريخ المحدد من قبل روما . اما فرنسا

فاعتمدته في شهر كانون الأول سنة 1582 واعتمدته ألمانيا الكاثوليكية في السنة التالية . أما البلدان البروتستانتية من ألمانيا فظلت تعارض قبول الروزنامة البابوية طيلة أكثر من قرن ولم تعتمدها إلا سنة 1700 . أما بريطانيا فظلت حتى سنة 1750 وفي سنة 1752 أصبحت الروزنامة الغريغورية شرعية في انكلترا . وفي 2 أيلول 1752 أضيف 14 إلى التاريخ . واغتنتم المناسبة لنقل بداية السنة من 25 آذار إلى أول كانون الثاني . أما الكنيسة الأرثوذكسية فقد رفضت التجديد الروماني .

وفي سنة 1923 أدخل النظم الجديد إلى روسيا بصورة نهائية .

العالم اللاتماهي عند جوردانوبرونو **Giordano Bruno** : لم يكن جوردانوبرونو (1548-1600) فيزيائياً ولا رياضياً . ولكن في تلك الحقبة كان علم الفلك مرتبطاً بعلم الفيزياء والإثنان مرتبطين بعلم الكوسمولوجيا أي علم الكون .

ولكن ينوع من الألهام العبقري السابق لاكتشافات « غاليليه » الرصدية ، ومتجاوزاً إلى حيد بعيد تصورات أمثال « دمجيز » و « بنديتي » ، أدرك « برونو » لا نهائية علم الفلك الجديد الأساسية . وواجه الرؤية الوسيطية لكونٍ منظم ونهائي - رؤية وإن تكن معدلة ظلت تسيطر على فكر شخص مثل « كوبرنيك » وحتى « كيبلر » - تصوره الذاتي لكون لا نهائي ضخم وغير قابل للعد مقطون بعدد لا نهائي من العوالم الشبيهة بعالما « (في لا نهائية الكون والعالم) 1584 . ثم « لا عديدة ولا إمكانية تصور ضخامة الكون » 1591) . هذه الرؤية ، إضافة إلى الانتقاد العنيف للأرسطية التي سوف ينشرها في أوروبا بحماس الرسول ، هي التي سوف تكلف « برونو » حياته ⁽¹⁾ .

ومنذ 1584 ، أي بعد كتابه سنادولا سينيري . *Cena de le ceneri* قدم لنا « برونو » عرضاً ودفاعاً عن نظام الفلك الكوبرنيكي . عرض ممتاز رغم بعض الأخطاء ودفاع اغنى به أفكار معلمه وحوها ، مستخدماً بشكل ذكي جداً أفكاراً قدمتها الفيزياء الدافعة . يقول « برونو » : إن الحيجج الكلاسيكية ضد حركة الأرض وحركة الرياح والغيم والطيور لا تصلح لأن الهواء يحيط بالأرض (وإذا تحركت هذه اتجر الهواء بحركتها) . أما برهان الحجج المتروك من أعلى برج أو المقذوف عامودياً في الهواء فهو محلول بنفس الأسلوب . وهذا البرهان الشهير لا قيمة له لأنه يهمل كون التجربة تحصل على الأرض : وكل الأشياء التي تحصل على الأرض تتحرك معها وتتحرك بالنسبة إلى الأرض بنفس الأسلوب كما لو كانت الأرض جامدة . وبالعكس من « كوبرنيك » الذي يميز بين حركة الأرض الطبيعية والحركات العنيفة التي تحدث للأشياء فوقها ، يرى « برونو » أن هذه الحركات جميعاً متشابهة . ولهذا لا يتلزع بفكرة طبيعية دوران الأرض بل بالمشابهة القائمة بين حركة الأرض وحركة سفينة تنساب على سطح الماء . أن حركة السفينة العامة لا تؤثر في حركة الأشياء الموجودة على ظهر السفينة . وكذلك الأمر بشأن حركة الأرض : والظواهر التي يتلزع بها لا تحدث إلا إذا تدخل

(1) أوقف من قبل محاكم التفتيش سنة 1592 وظل في السجن 8 سنوات . وبعد ما أحرقت الكتب في روما برونو بعد أن أخرجته من الدين وذلك في 17 شباط 1600

المختبر بنفسه في حركتها . ويجيب « برونو » على الاعتراض الأساسي ضد هذه الحركة القائمة على فكرة الثقل النوعي والخفة وعلى الأماكن الطبيعية وعلى الحركات الطبيعية وهي مفاهيم تشكل الأساس في فيزياء « أرسطو » ، على هذا الاعتراض يجيب « برونو » ان الثقل النوعي او الخفة لا تنطبق على الأجسام الطبيعية المتكونة بصورة طبيعية اي اذا اخذت بذاتها ، كما لا تنطبق على الكرات الكاملة . . مثل الأرض والنجوم . . ان الثقل النوعي ليس الا ميل الأجزاء للالتقاء في مكان واحد . ولكن برونو تجاوز كوبرنيك وتذرع « بافلاطون » ففسر ، كما فعل « بيندتي » ، بأن الثقل والخفة هما أوصاف نسبية .

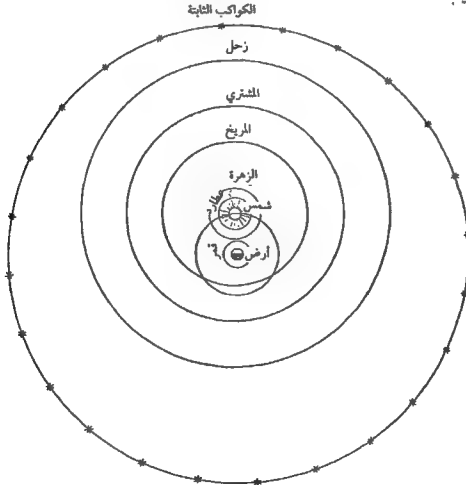
اما الأمكنة الطبيعية فلا وجود لها هي ايضاً . تآذ في عالم « برونو » أو بصورة أدق في كونه - لأن العالم ليس إلا آلة مثل نظامنا الشمسي ، شبيهة بما لا يحصى من العوالم من ذات النوع - أقل مما هو في كون « نقولا دي كوي » ، الذي ينطلق بخبط مستقيم رغم عدم كونه غير محدود ولكنه لا نهائي من الناحية الوضعية ، فلا يمكن أن يكون هناك امكنة خاصة مميزة ، ولا اتجاهات متعددة بذاتها . والأعلى والأسفل ليسا إلا مفهوميين سبيين . أما مفهوم وسط العالم فلا معنى له . لأن هذا المركز موجود في كل مكان لأنه غير موجود في أي مكان . ولهذا فسكان الكواكب الأخرى ، لهم نفس الحقوق التي لنا في ان يعتبروا انفسهم في المركز . كثيراً أو قليلاً . اذ في كون « برونو » ، ليست الأرض هي التي تشبه الكواكب بل الشمس بالذات التي تحسر مكانها ودورها المميز . فهي ليست الا مركز « آتنا » ، كوكباً بين الكواكب الكثيرة . التي هي شمس تشبه شمسنا .

ونقف مذهولين امام جرأة وأصالة فكر برونو ، الذي يضع اللامحدودية الفكرية ضد محدودية العقل الأرضي ، والذي يجري تحولاً ثورياً في الصورة التقليدية للعالم وللحقيقة الفيزيائية . لا نهائية الكون ، وحدة الطبيعة ، هندسة الفضاء ووراءها نسبية الحركة : ان الكون السوسيطي لم يعد له وجود . حتى ليتمكن القول انه قد انفجر وزال في الفضاء ، جاراً معه الفيزياء الأرسطية وتاركاً المكان حراً امام العلم الجديد ، علم «غاليليه» و«ديكارت» و«نيوتن» ، علم لم يستطيع « برونو » للأسف أن يؤسسه .

IV - تيكو براهي TYCHO BRAHE

معارضة تيكو براهي Tycho Brahé لنظام كوبرنيك Copernic : تبدوا لنا الحجج التي ادلى بها « برونو » ضد خصوم الكوبرنيكية من الأرسطيين مقنعة لأننا نقبل الكوسمولوجيا اللاتينية والأنتولوجيا (علم الكائن) الفضائية حيث تستمد هذه البراهين الفضل قوتها . ولكن هنا بالضبط يكمن السبب الذي جعلها ، في عصرها غير معتبرة من احد : لا من «تيكو براهي» الذي عارض الكوبرنيكي «رونمان» بالحجج التقليدية بعد ان البسها لباس العصرية . ولا من «كيلر» الذي دافع عن «كوبرنيك» ضد «تيكو براهي» ، مدلياً بوجه الفلكي الدائمركي بالحجج الجديدة التي ليس أي منها برونوي . ذلك انه ، بالنسبة الى معاصري برونو ، بدت رؤيته للكون اللاتماهي اعباطية ، بدون اساس في المعطيات الفلكية ، وبالتالي اقل قبولاً من نظام كوبرنيك وقد زُعمت انها اتت لنجدته

وتدلنا حالة تيكون براهي على قوة العقبات التي كان على علم الفلك الجديد ان يتخطاها ، وتعرفنا بأن الشرط الأساسي والمسبق لقبولها بشكل عام هو تشكيل فيزياء جديدة، واحدة لعالم الأرض ولعالم السماوات . وإذا كان « كيلر » لم ينجح في انجاز هذا التوحيد بين الفيزياء الأرضية والفيزياء السماوية، إلا انه فهم ضرورته . وغيايب مثل هذه الفيزياء يوجد المبرر « لتيكون براهي » . لقد كان يحتاج دائماً ضد تفسير نظامه ، (الذي يقوم على جعل الكواكب تدور حول الشمس والشمس حول الأرض - وهذا ، من وجهة النظر الرياضية ، لا من وجهة النظر الفيزيائية ، واحد تماماً) بأنه منبثق من نظام « كوبرنيك » ؛ كما كان يؤكد دائماً أن تصوره قد تكوّن بصورة مباشرة انطلاقاً من الملاحظات القابلة للرصد .



(صورة 6 - كون تيكون براهي (سنداً لـ د. فون غوريك « التجربة الجديدة » 1672 Experimenta Nova)

ورغم ذلك يبقى أن « تيكون براهي » قد وضع نظامه بعد ان اطلع على عمل « كوبرنيك » - الذي طرح تصوراً اعتبره ممكناً - وبعد أن تقبل انتقاد « بطليموس » من قبل هذا الأخير .

كان «تيكو» يقبل حتماً بنظام «كوبرنيك» لو أنه لم يمتنع من ذلك بصعوبات بدت له لا تتلألأ. ومن بين هذه الصعوبات كان التعارض بين هذا النظام والثورة. ولكن العامل الحاسم الذي منع «تيكوبراهي» من تبني الكوبرنيكية، هو استحالة العثور على مسار الثوابت رغم صحة الملاحظات واستحالة قبول حركة الأرض. وهذا ما تجلّى بوضوح من مناظرته مع «روثمان».

لم يكتف «تيكوبراهي» بإيراد البراهين الكلاسيكية ضد «روثمان»: بل عَصَرَ النقاش وذلك بالجوء إلى اختراع شاع يومئذ وهو المدفع. ولذلك أكد: أن مساواة المدائيات الحاصلة بعد القذف بنفس المدفع ونفس الشروط نحو الشرق ونحو الغرب هي حجة حاسمة ضد فرضية دوران الأرض. ومن وجهة نظر الفيزياء القديمة وحتى من وجهة نظر ديناميك الدفع، هذا الديناميك الذي تنبأ «برونو»، بدت حجة «تيكو» صالحة، ولهذا كان على حق بأن يقول لنا إن حركة الأرض مستحيلة القبول طالما إن أحداً، ويصبح جديدة ودافعة، لم يقدم على إثبات أن الحركة العنيفة لا تتعلّق ولا تضائق أبداً بالحرركات الطبيعية التي هي السقوط ودوران الأرض، ويقول آخر طالما لم يقرر بعد علم فيزياء جديد متركز على تصور جديد للحركة. أما براهين «تيكوبراهي» فقد عاجلها طويلاً «كيبلر» و«غاليليه». ولكن هذا الأخير وحده استطاع أن يخلصها.

الأهمية التاريخية لنظام «تيكوبراهي»: أن معارضة تيكوبراهي. للثورة الكوبرنيكية يجب أن لا تنسبنا المكان الذي احتله نظامه في وجدان عصره، ولا أهمية أعماله من أجل تطوير علم الفلك لاحقاً. إذ بالنسبة إلى علماء الفلك من النصف الأول من القرن السابع عشر بدا نظام تيكوبراهي، الذي دمج محاسن نظام «كوبرنيك» و«بطليموس»، بدا وكأنه نظام ثالث للعالم - حتى إن باسكال، Pascal، في مقطع مشهور، يقول أنه من الصعب اختيار واحد من الثلاثة، - واحد هذه الأنظمة يتفوق في كثير من النواحي على النظامين الآخرين، لأنه يجمع بين أمانة التجربة والحس السليم عند الثاني، وبين الأمانة في الأول. ومن جهة أخرى إن أعمال «تيكوبراهي» هي التي أجهزت نهائياً على الكوسمولوجيا التقليدية وذلك بزعزعة الثقة في عقيدة جود السماوات، وذلك بعد القضاء على المدارات الثابتة الجامدة التي قال بها «بورباخ» و«كوبرنيك»، وأخيراً بعد أن أوجد من العدم علماً فلكياً مبنياً على الرصد والملاحظة، معطياته دقيقة للغاية لم تعرف من قبل. كل ذلك حمل «كيبلر» على وضع علم فلك جديد وليس فقط كوسمولوجيا جديدة.

الأرصاء الأولى عند «تيكوبراهي»: تصحيح الجداول: كان تيكوبراهي 1546 - 1601 سليل عائلة نبيلة من الداغارك، بعيدة كل البعد عن أي اهتمام علمي. فقد كانت النبالة الداغارية إحدى أغنى النبالات في أوروبا ولكنها كانت من أجهلها، ولكن تيكوبراهي منذ طفولته. أولع بعلم الفلك. وكانت محمسة فكرة أن هذا العلم يتيح التنبؤ بحركات الكواكب السماوية، ويدرس بشكل لا يكل، في جامعة كوينهاغن حيث دخل وعمره ثلاث عشرة سنة، ثم درس في ليزينغ وروستوك وبالن فيها بعد. وكان يقضي الليالي الطوال يرصد السماء. وفي سن السابعة عشر أي في سنة 1563 سجل أول رصد له: وهو رصد التقاء زحل مع المشتري. ولاحظ بهذه المناسبة عدم صحة الجداول التي كان

بمتناول علم الفلك في ذلك الحين . وبالمواقع ان هذا العيب كان معروفاً من الجميع . وقد حاول برنارد ولتر Bernhard Walther ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus تلافي هذا الخطأ بواسطة رصد جديدة . وقام بهذا المشروع بعدهما رينهولد Reinhold الذي نشر جداوله البروسية الشهيرة سنة 1551 . ومن أجل تحسين هذه الجداول الجديدة بنى الأمير غليوم الرابع Guillaume IV امير هسكاسل ، في 1561 مرصداً وقام بنفسه أولاً ثم بعد سنة 1577 ، بمساعدة « كريستوفر روثيان » والرياضي الساعاتي السويسري جوست بورجي Jost Bürgi ، بسلسلة كبيرة من الرصد بقصد تحديد موقع النجوم الثابت وكذلك رصد وتحديد حركات الكواكب . وقد نشر ستيليوس Snellius هذه الأرصاد سنة 1618 .

وتوصل « نيكو » من جهته الى القناعة بوجود وضع جداول جديدة بدلاً من تصحيح الجداول المنتشرة . ومن اجل ذلك يجب اصلاح الأساليب الرصدية بالذات . وقد اعتر « كوبرنيك » ان المعدات المستعملة يومئذ تعطي اخطاء هاشمها عشر دقائق ، وهو هدف لا يمكن تحقيقه أو تجاوزه . اما « نيكوبراهي » فقد فكر بالتواني لا بالدقائق . ولهذا بدأ عمله ببناء اجهزة رصد لم يحلم بها انسان قبله : واول هذه الاجهزة كان المربع الكبير لقياس ارتفاع الكواكب ، وكان شعاعه 19 قدم . وبني المرصد في أوجسبورغ حيث بقي من سنة 1569 الى سنة 1570 ، وذلك بمساعدة مهندس في المدينة . ومن اجل تحديد المسافات في الزوايا بنى سداسياً شعاعه 5 اقدام ونصف . ومن اجل تدوين نتائج ملاحظاته بنى كرة كبيرة قطرها 5 اقدام . وهذا يدل تماماً على أنه بعد ذلك التاريخ صمم على اعادة صنع خارطة السماء .

كوكب « النوبا Nova » لسنة 1572 و« مذنب » سنة 1577 . وتأثيرهما على تشكيل نظام « نيكوبراهي » : كانت اعمال نيكوبراهي الأولى ، بعد ان عاد سنة 1570 الى الدانمارك ، منصبة على (نوبا 1572 وعلى المذنب الكبير في سنة 1577) .

وظهور هذا الكوكب « النوبا » التي تجاوزت سمعته سمعة سيربوس Sirius وحتى الزهرة Venus ، أثر تأثيراً عميقاً في معاصريه . وكان من الواجب التحديد أولاً هل هي حقاً كوكب ، الأمر الذي يعارض المعتقد حول لافسادية السماء ، أو هي فقط مجرد مذنب أي أنها ظاهرة تنتمي - كما كان الاعتقاد سائداً يومئذ - ، الى عالم ما فوق القمر .

وظلت « نوبا » مرئية ظاهرة حتى سنة 1574 . ولكن منذ 1573 . أثبت « نيكوبراهي » أن الكوكب الجديد بما أنه ليس له أي مدار ملحوظ فيجب أن يوضع في موضع وراء كرة زحل ، وعلى مسافة من الأرض تعادل على الأقل 13000 مرة نصف قطر الأرض . وكان « نيكو » يرى أن شعاع كرة ساتورن (زحل) يساوي 12300 وشعاع الثوابت 14000 . إذا فإن نوبا هي كوكب حقاً وظهورها ، إبداع جديد ، يعارض بديهة ثبات وعدم تغير السماوات . وقد أورد « نيكو » ذلك كله في كتابه : « دي نوبا ستلا De Nova Stella » الذي نشره في كوبنهاغن سنة 1573 . ثم زيد عليه واعيد طبعه في كتابه :

أسترونوميا ... بعد وفاته ، 1603 . والأهم من ذلك كان ظهور المذهب الكبير سنة 1577 . ليس لأنه أحدث على المعاصرين تأثيراً كبيراً ، وكان أساس ادب كبير كواكبي ، بل لأنه كان أول مذهب رصد بشكل منهجي وجدي ، خاصة من قبل « نيكوبراهي » وماستلين Mästlin اللذين اقرأ ، كل من جهته ان مدار المذهب كان صغيراً جداً ، وأنه ، من جراء ذلك ، فهو موجود خارج كرة القمر بل وأيضاً خارج كرة (الزهرة) . ان الطبيعة فوق القمرية أو السماوية للمذنبات - وهي عنصر جديد في التغيير الداخل على السماوات - لم تستقبل بدون عمانعة ومقاومة . والعجيب في الأمر ان « غاليليه » كان من بين الخصوم . ثم ان نيكو Tycho وجد ان مسارات مختلف المذنبات التي امكنه رصدها كانت تقاطع وتمر في المدارات الكوكبية . الأمر الذي حمله على الشك في الوجود الحق لهذه المدارات ، وحمله أخيراً على انكار هذا الوجود جملة . لا شك ان هذا لم يكن بالأمر الجديد : فالرشديون وتبهم بونتوس دي تيار Pontus de Tyard وبيننا Péna أكلوا بان دوائر الفلك «الطيوموسي» لم تكن الا بناءات رياضية . وعلى كل كان معظم الفلكيين - والفلاسفة - يؤمنون بالكرات الجامدة .. ولهذا فتحطيم هذه الكرات من قبل نيكوبراهي Tycho Brahé يعتبر تاريخياً مهماً

اما فيما يخص نيكوبراهي Tycho Brahé بالذات ، فتدمير الكرات مكته ، اثناء رسمه خطة عالمه الذي تتحرك فيه الأجسام السماوية بحرية في الفضاء ، ان لا يخصص مناطق لكل كوكب من هذه الكواكب بل تركها يمتاز بعضها فضاء بعضها الآخر ، مما يحيد من حجمها . ان كون « نيكوبراهي » هو اصغر الأكوان . انه اصغر من كون « كوبرنيك » ، بل أكثر من ذلك أنه اصغر حجماً من كون « بطليموس » بمرتين . حتى ليتمكن القول ان كرة العالم ضاقت قبل ان تنفجر .

ولم يدون « نيكوبراهي » اكتشافاته حول مذهب سنة 1577 الا في سنة 1588 . وذلك في كتابه المسمى : ديمندي ... De Mundi aetherei الذي احتوى ، فضلاً عن ذلك مراجعة انتقادية لأهم النشرات المتعلقة بهذا المذهب كما وضع رسمية صغيرة لنظامه الكوني الذي يقول هو فيه انه وجده «بالإلهام» سنة 1583 .

هذا التأخير تسبب له بازعاج مفاده ان نقولاً يرمز Nicolás Reymers المسمى ارسوس Ursus (بار Bär) الذي زاره لعدة سنوات خلعت ، يقدم نظاماً للكون (فوندمونتون استرونوميكوم Fundamentum astronomicum) ، ستراسبورغ (1588) ، في هذا النظام اعتقد «نيكو» انه تعرف على نظامه محرفاً قليلاً . فقد جعل «ارسوس» الكواكب تدور حول الشمس والشمس تدور حول الأرض . ولكنه يزعم الى الأرض حركة دائرية . واتهمه نيكو Tycho بالسرقة والتزوير . في هذه الأثناء أصبح ارسوس Ursus مستشاراً رياضياً امبراطورياً ، فرد بمقالة هجومية عنيفة جداً اتهم فيها نيكو بأنه سرق أبولونيوس Apollonius (الذي كان نظامه قد عرض من قبل كوبرنيك Copernic) ومن قبله بالذات (دي استرونوميسيس ايبوتزيبوس De astronomicis hypothesibus ، براغ 1597) .

مرصد أورانيبورغ Uraniborg : ان التأخير في نشر كتاب مانهدي De mundi aetherei يفسره ان فردريك الثاني Frédéric II ملك الدانمارك عرض على « نيكوبراهي » بناء على اتجاه من

« غليوم الرابع » امبرهس كامل عرضاً ملكياً حقاً ، وذلك في سنة 1576 ، وهذا العرض : اعطاء جزيرة هين مع كل ايراداتها ، ومقاطعات أخرى ، مع معاش تقاعدي وتحمل كل نفقات بناء مرصد وشراء معدات ضرورية لتجهيزه الخ . واستعمل « تيكونبراهي » كل السنوات التي تلت لبناء قصره في اورانيبورغ كمسكن له ولعائلته ومساعديه وكمرصود ومختبر كيميائي كما انشغل ايضاً بصنع وتركيب الأجهزة ووضع برامج المراقبة المنهجية للسما . ولم يفكر في النشر الا بعد عدة سنوات فأنشأ لهذه الغاية مطبعة خاصة سنة 1584 .

والمعدات التي استعملها « تيكونبراهي » والتي وصفها في كتابه استرونوميا انستورانا ميكانيكا *Astronomiae instauratae mechanica* (واندسبك 1598) - كثيرة ، كما الحق بها بعد الانتهاء من « اورانيبورغ » ملحقاً آخر اسماء ستيرنيبورغ *Stjerneborg* مع غرف للمراقبة تحت الأرض حتى يحمي الآلات من حركات الفضاء . هذه المعدات تشكلت كلاً رائعاً من الكرات المسلحة بعد ان بسطها واكملها « تيكون » ، ومن المربعات والمسدسات المثبتة فوق احجار أو فوق الخشب . وكان لديه نوع من المزالة لقياس الأبعاد مثبتة فوق مسند كروي اضافية الى مربع حائطي مثبت لمراقبة مرور الكواكب في خط الهجرة .

قيمة « رصود تيكونبراهي » يقوم مركز تيكونبراهي . الكبير لا على دقة وكسالم رصوده الشخصية فقط بل على طبيعتها المنهجية الثابتة . وبالفعل فقد فهم مع قليل من الأرائل ان الرصود المتقطعة مهما كانت دقيقة لا تكفي ، إذ من الواجب رصد السماء والكواكب بشكل مستمر ، ليلة ليلة . وكان يعتقد أنه بعد اعادة رسم خارطة السماء وبعد جمع عدد من الملاحظات كاف حول الكواكب يمكن القيام بوضع نظرية حول حركات الكواكب . ومن الناحية العملية خصص العشرين سنة التي قضاها في هين في الرصد . ثم ان جدول الكواكب يشكل قسماً من كتاب تابولا رودولفينا *Tabulae Rudolphinae* الذي اصدره « كبلر » سنة 1627 .

وفي اليوميات الرصدية التي وضعها « تيكون » وجد « كبلر » المعطيات - « التناقضات العشرة في المريج (مارس) التي أتاحت له أن يحل مشكلة حركتها وبالتالي اصلاح علم الفلك .

وبلغت رصود « تيكون » مبلغاً عظيماً من الدقة لا يمكن تجاوزه بالعين المجردة . فهي لم تحسن الا بعد مئة سنة من قبل فلامستيد. *Flamsteed* ، الذي استعمل تلسكوبات قوية نسبياً . وحدد « تيكون » مواقع تسعة كواكب رئيسية في خارطته السماوية مع خطأ اقل من دقيقة وهو خطأ يعود الى المعرفة الناقصة بالانعكاس الفضائي . وكان تقديره لطول السنة الاسنوائية لا يختلف عن الحقيقة الا بثانية واحدة . أما نتائج الاعتدالين فقد وجد له قيمة واحد وخمسين ثانية . وفضلاً عن ذلك خلص علم الفلك من الظن الخاطئ عن الارتجاج واعطى لفلك البروج ميلاً مقداره 23 دقيقة 31 ثانية ، ووضع اقصى طول الشمس على مسافة 95 درجة و30 ثانية من نقطة الاعتدال الربيعي ، وان اعطى لهذه النقطة حركة سنوية صغيرة جداً 45 ثانية بدلاً من 61 فان خطاه اذا قيس باخطاه سابقه وخاصة

« كوبرنيك » الذي قدر هذه الحركة بأربع وعشرين ثانية يكون قد انقص الفرق بما يعادل الثلثين .

كان «تيكو براهي» راصداً مدعشاً ولم يكن منظرأً عالي المستوى ،جواذا كان قد حسن نظرية القمر ، حين وجد في حركة القمر شذوذين جذبيين هما التغير والتساوي السنوي والتعادل فانه لم يصنع شيئاً بشأن حركات الكواكب وخروجها . فضلاً عن ذلك كان مولفاً على ما يبدو بالرغبة في اعطاء العالم الاحجام الاصغر الممكنة ولذلك صغر بصورة منهجية المسافات والاحجام في الاجرام السماوية . كما اتهم كوبرنيك بانه وضع الشمس بعيدة جداً عن الأرض وانه جعلها كبيرة جداً .

الغضب على «تيكو براهي» وابعاده ، ثم أعماله الأخيرة : يبدو ان تيكوبراهي كان شخصية مدمجة ادارياً فاشلاً . فقد كان دائماً بحاجة الى المال ؛ وكان يصرف كثيراً ويستدين . وطيلة حياة الملك فردريك الثاني Frédéric II كانت الأمور تسوى . ولكن الوضع تغير سنة 1588 عند مجيء كريستيان الرابع Christian IV . كان مستشارو الملك يدفعون الديون الكبيرة لتيكو ولكنهم كانوا يمنعون من العودة الى الاستدانة . وكان تيكو يتخلص احياناً بفضل ثروته الكبيرة الموروثة . بل انه اسس مصنعاً للورق وطبع في سنة 1596 رسائله العلمية ولكن الأمور ساءت بصورة تدريجية . فقد نزعت منه ممتلكاته واحدة واحدة . وفي سنة 1597 حرم من المعاش الذي منحه اياه « فردريك الثاني » .

وضمن هذه الظروف قرر « تيكو » ان يهجر اورانيبورغ وان يذهب الى كونيهاغن . ومنها ذهب الى المانيا ثم روستوك أولاً ثم الى واندسبك حيث قضى سنة . وهناك طبع كتابه المدهش استرونوميا ميكانيكا Astronomiae instauratae mechanica سنة 1598 (حجم نصفي) . ووزعت نسخ هذا الكتاب على العظماء يومئذ الذين من شأنهم الاهتمام بمصير علم الفلك بمصير «تيكوبراهي» .

وضم تيكو الى النسخة المخصصة للامبراطور « رودولف الثاني » جدولاً غطوياً يعين مواقع الف نجمة . منها 777 نجمة مدروسة والباقية اضيفت على عجل .

وفي سنة 1598 علمه « رودولف الثاني » عن استعداده لتعيينه رياضياً ملكياً وان يضع تحت تصرفه كل ما يلزمه . وكانت اقامته في بوهاميا ناشطة متعبة نوعاً ما . ولكن الأمور سويت بصورة تدريجية . وفي سنة 1601 ضعف مجموع العمل عند تيكو بفعل ذهاب مساعده لونغومونتانسوس Lon-gomonta nus . ولكنه عاد الى نشاطه باستلحاق « كبلر » فعاد الى مواصلة العمل .

واعيد طبع استرونوميا . الذي ظهر في سنة 1602 في براغ مع جدول بـ 777 كوكباً وضعه «تيكو براهي» . وبدأ بوضع تابولا رودولفينا Tabulae Rudolphae التي اسند القسم الأصعب فيها وهو دراسة حركات مارس (المريخ) الى «كبلر» .

وبدا المستقبل مشرقاً ولكن تيكو Tycho مات في 24 تشرين الاول سنة 1606 . فامر « رودولف الثاني » بأن يجري له مآتم فخم وكلف «كبلر» بمتابعة عمله .

كان كبلر Kepler يعتقد بأن لقاءه مع «تيكو براهي» هو نعمة إلهية خاصة . وان نحن فكركنا بنتائج هذا اللقاء : ولادة علم الفلك الجديد ، وفكرنا ايضاً بالتأخير الذي كان يمكن ان يحصل في

تطور الفكر العلمي لاعطينا كبلر Kepler الحق ولرأينا فعل الارادة الالهية يتجلى ايضاً في موت «تيكو». لقد أكمل «تيكو» عمله ؛ وجمع ونقل الى «كبلر» المعدات والمواد التي تسمح لهذا الأخير أن يُحلّ الفيزياء السماوية محل علم الحركة الكوكبية التي كان «تيكو» آخر ممثل لها واصفاهم . وبعد هذا لم يكن امامه الا ان يتوارى . ومعه زالت الاسترونوميا الحركية .

الفصل الثالث : الفيزياء

I - الفيزياء في القرن الخامس عشر

لا يرتدي تاريخ الفيزياء ، في المئة وخمسين سنة التي فصلت نقولا دي كوي Nicolas de Cues عن سيمون ستيفن Simon Stevin ، الصفة المأسوية التي ارتدتها الرياضيات او علم الفلك . فالفيزياء هي مجال تتوزع الجهود فيه وتنقطع ، سعيًا وراء غاية معينة . والثورة العلمية التي نراها ، بصورة مرتدة اليوم ، تتحضر خلال تلك الفترة ، سوف لن تحدث الا متأخرة أي في القرن السابع عشر ، متأخرة عن علم الفلك الكوبرنيكي الذي يعتبر بالنسبة اليها تمهيداً في السماء ، والذي يقتضي انقلاباً أكثر عمقاً في الفكر ، واعادة نظر أكثر أصالة في الأسس المسلمات والأطر التصورية كما في الثورة الجبرية أو الفلكية .

فضلاً عن ذلك ان اعادة الاتصال بالأعمال الكبرى القديمة لم يكن له الا مضاعيل جيدة . فالأقدمون ، باستثناء أرخميدس Archimède الذي قدم نموذجاً ثبوتياً ؛ لم يقدموا نموذجاً لصنع علم صحيح أي رياضيات للطبيعة : يمكن لهيرون وفيتروف Héron et Vitruve ان يلهمها التطبيقيين، ولكنها لم يقدماً شيئاً ضحاً للمنظرين باستثناء نظرية الفراغ . في حين ان فيزياء ارسطو Aristote المستكملة بفيزياء المسائل الميكانيكية ، بدت كبناء نظري حسن التوازن ، ومُسجَم بعمق مع الحس السليم ومع تجارب الحياة اليومية ، ويمكن أن تقدم اساماً متينة للتحليلات العقلية ولنشاط الممارس العملي . ولهذا كانت مغامرة الفيزياء في الحقبة التي ندرسها ، محكومة بمحك العمل الأرسطي وينظرته العامة حول الحركة . وهو ما يشكل بالنسبة اليها علم الميكانيك .

لا شك أن ميكانيك ارسطو كان يشكو من نقطة ضعف : هي تفسير حركة المتحركات المنفصلة عن محركها بفعل الهواء المجاور؛ هذا التفسير لم يكن واقعياً . ولكن نظرية الدفع - التي افتتحها جان فيليبون Jean Philopon ، وطورها في القرون الوسطى بصورة خاصة «الإسميون» الباريسيون - بدت وكأنها تفسر هذه الوقائع تفسيراً أفضل ، يمكن أن يحل محل تفسير ارسطو ، دون المساس بالأطر العامة لتصوره . ولهذا انتشرت نظرية الدفع في القرون الوسطى داخل الأرسطية ، وفي آخر تلك

الحقبة ، وباستثناء اتباع ابن رشد Averroïstes من سكان بادو الذين تمسكوا بالأرسطية بشدة ، وباستثناء الإسكندرانيين المتأخرين ، أصبح كل الناس من أنصار هذه النظرية .

1- نقولا دي كوي NICOLAS DE CUES

أفكاره وتأثيره على الحركة : ذلك كان حال نقولا دي كوي الذي انحاز تماماً ، في كتابه ديبالوغوسوس .. دي بونست *Dialogus trilocutorius de Possent* (1454?) للتصور التقليدي القائل بأن الدفع هو كينونة عارضة تصدى للقوى الطبيعية . فقد أهتم دي كوي De Cues بلعبة البلبل ، وكمؤلف شهير رأى في مفعول الدوران النتيجة فوق الطبيعية ، لروح الحياة يبعثها اللاعب بقوة دفع تظهر بشكل دوران . هذه الروح المحركة تتلاشى وعندها يسقط البلبل بفعل الميل الطبيعي للسقوط . ولكن نقولا Nicolas في كتاب له لاحق عنوانه « محاورات ليدو غلوبو » أطلق فكرة « طبيعية » الحركة الدائرية حول الذات في كل كرة أو في كرة متكاملة . لا شك ان اللعبة التي أعطاها اهتماماً خاصاً ، والتي تقوم على ملازمة أوتاد مصفوفة بشكل لولبي بواسطة طبقة نصف مستديرة مفرغة قليلاً في قسمها المسطح ، ليست من اختراعه . ولكنه إذا كان يستعير من الفلكلور الشعبي ومن التراث العلمي (أرسطو تليس وبروليمانا) ، فإن الجهد الذي بذله كوزين Cusain لفهم هذه اللعبة الغريبة ، والمسار اللولبي المنحني تماماً والذي يستطيع اللاعبون الماهرّون تحقيقه ، هذا الجهد يستحق الانتباه . يقول نقولا ان القسم السميك من الطبقة يعيق حركة القسم الدائري الذي يكرّج لأنه ثقل ويرد هذه الحركة الى القسم الدائري كما لو كانت مركزاً . وليس صحيحاً إذا كما قيل ، ان نقولا دي كوي Nicolas De Cues لا يبحث عن التفسير الا في شكل او ضمن شكل المقلوبة . ان هذا الشكل يدل في نظره على اثر الثقل النوعي ، والأمر الملحوظ تماماً ، هو مع هذا النص ، ظهور نوع من اجتماع دافعين : دافع الدوران ودافع السقوط . والاستمرارية الدائمة لدوران طبقة كاملة فوق سطح افقي ، ثم ارتفاع دوران كرة حول مركزها الى مستوى الحركة الطبيعية هما بالنسبة الى نقولا دي كوي من نتائج الشكل الكروي ، ولكن السبب ، في الحالتين ، هو ان الوضع المفروض على المركز يستبعد ، بالنسبة الى دافع الثقل ، كل سبب للتدخل ، في حين تتجدد في كل لحظة نفس الشروط التي تتوفر في بداية الحركة وبفعل تأثيرها على ليونارد دا فنشي وكوبرنيك Leonard de Vinci et Copèrnic ، لعبت هذه الأفكار دوراً ذا أهمية رئيسية .

ادخال المفاهيم في الفيزياء : ادى خصب فكر نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، الذي عرف كيف يتصور وحدة الكون ، بعد ان ادخل المسألة بين كل الأجزاء التي تشكله (او يحتويها هو) ، والذي رأى في المقارنة والقياس اعمالاً جديرة بعقلنا (القياس يأتي من العقل) فاستنتج فكرة تأسيس دراسة الطبيعة على القياس ، وبصورة خاصة على تحديد وزن مختلف عناصرها .

وبدا الميزان هنا أداة القياس الأولى ، وفي حوار العجيب « حول التجارب الثابتة » (دي

ستانيك اكسبريمنتس. (De staticis experimentis) (1450) ، يشرح نقولا دي كوي ان استعمال الميزان يتيح تطبيقات متنوعة جداً في الفيزياء وفي علم الأرصاد الجوية وفي الطب . من ذلك عند وزن دم ويول الأشخاص الشبان والمسنين ، المرضى والأصحاء ، يمكن تسهيل التشخيص . ومن تغير وزن قطعة صوف يمكن استخلاص درجة الرطوبة والجفاف في الهواء ، وايضاً وزن هذا الأخير . ويمكن أيضاً وزن الهواء اما بوزن بالون، منفوخ وبالون فارغ ، أو بدرس تغيرات مدة هبوط أوزان ، متساوية (وهذا أفضل)، ساقطة من أعلى برج ، ولقياس زمن السقوط ، وكذلك لقياس سرعة النبض عند مريض ، استعمل نقولا دي كوي Nicolas de Cues ساعة مائية مفتوحة ، ووزن الماء المتجمع طيلة مدة التجربة . تماماً كما عمل غاليليو Galilée في تجاربه على السطح المنحني ، ويمكن أيضاً قياس عمق الماء وذلك بتحديد زمن ارتفاع شيء خفيف انزل حتى القاع . كما يمكن قياس سرعة سفينة ، بالزمن الذي يأخذه شيء ملقى لكبي يذهب من المقدمة الى المؤخرة .

ولكن نقولا دي كوي لم يكن دائماً موفقاً في مشاريعه القياسية . ولكن رغم سذاجة بعض من تطبيقاته ، فان الفكرة عميقة ، والأجيال المقبلة سوف تستفيد منها .

2 - تراث باريس وأوكسفورد

لقد حل بعض المنظرين المدرسين ، طيلة القرن الخامس عشر ، تراث المناطقة وعلماء الحركة الوسيطين حين فسر الأولون وشرحوا ونشروا اعمال الثانيين ، وحتى حين اضافوا عليها بعض الايضاحات اللفظية والمعنوية .

نعلم منذ بيسر دوهيم Pierre Duhem ، أن منظري باريس واوكسفورد : أورسم ، وسويشيد ، غيوم. دي هيتسبوري Oresme, Swineshead, Guillaume de Heytesbury قد فرقوا بين الحركة وسرعتها ، وحتى تسارعها . وقد فعل غيتن دي تيان Gaétan de Tiéne نفس الشيء حين اتبع بصورة خاصة هيتسبوري Heytesbury وخاصة شخصاً اسمه مسينو : Messino. في كتابه « دي موتو لوكالي De motu locali » يميز أنج دي فوسومبرين Ange de Fossombrone أيضاً الحركة عن زخمها وسرعة الحركة عن زخمها ، وتدل تأويلاته انه يرى بوضوح مفاهيم الحركة المحلية المتسقة والحركة المتسقة التسارع .

الحركة، المتسقة التغير والفكر الوسيطي : وإذن فلدوهيم Duhem ، على حق ، حين يماثل بين التعبيرين : « الحركة المتسقة التسارع » و « الحركة المتسقة التغير » ، ويؤكد انه في منتصف القرن الخامس عشر الايطالي كان المعلمون الطلياني يعرفون « قوانين الحركة المتسقة التسارع او المتسقة التغير » ، مع هذا التحفظ : « ان احداً منهم (ولا حتى ليونار دا. فنشي Leonard de Vinci نضيف نحن) لم تحط له الفكرة بان سقوط الأجسام هو متسق التسارع ، وانه بالتالي تطبق عليه هذه القوانين . » . واذا كان أي من المدرسين ، باستثناء دومينيك سوتو Dominique Soto ، لم يفكر في التفقيش داخل حركة سقوط الأجسام عن الخصائص المتعلقة . : « بالطولي la latitude المتسق

التغير،»، فذلك لأنه بالنسبة الى المنظر في القرون الوسطى ، يوجد بين هذين المفهومين ، كل المسافة التي تفصل التجريد الرياضي عن الواقع الفيزيائي .

قلما يتم المؤرخ العصري بمجاذلات المناطق الوسيطيين: لأنها بالنسبة اليه خالية من المعنى . والشيء الذي يجذب الانتباه في كتاب ضخيم مخصص لدراسة « اطوال الأشكال » أو « الحسابات » أو التنبؤات أو السفسطة ، هو القسم الذي يعالج الحركة ، وحتى الحركة المجلية . ولهذا فهو ميل الى تناسي ان هذا القسم الصغير من الكتاب ليس له بالنسبة الى المؤلف ، الا اهمية ثانوية جداً . فالحركة المحلية ، ليست الا حالة خاصة في الحركة أي في التغير، حالة لا تعتبر على الإطلاق بميزة بالنسبة الى حالة حركة النمو ، والتلف ، حركة التولد والفساد الخ ؛ ثم ان النظرية التي يسمى الى تطويرها الحاسب الوسيط لم تكن تهدف فقط الى احتواء « حركات » الطقس والضوء او الصوت ، التي هي من وجهة نظره خاضعة للتزخيم او التراجع تماماً كالدافع المحلي ، بل تشتمل ايضاً ، حركات قلما تستحق ، بنظرنا ، ان تعالج بهذا الشكل مثل « حركة » تزخيم فعل العفو وشيق نفس العاصي .

المسألة الفيزيائية في حركة القذائف: أما «الفيزيائيون» فقد اهتموا بأمر آخر بعيد تماماً هو مسألة القذف أو النثث، وتسارع الأجسام المتحركة، ودور ردة فعل الهواء، وطبيعة الدافع، وتفسير الأطروحة الشهيرة حول الحركة الأرسطية ، التي بموجبها تكون سرعة الجسم متناسبة مع قوة المحرك ومتناسبة عكسياً مع قوة المقاومة . هذا النقاش الأخير يؤدي الى النظر في أدوار كل من الدافع والجاذبية في القذف العامودي . من المقبول عموماً أن الجسم يرتفع طالما أن قوة دافعة أكبر من قوة الجاذبية تدفعه وان السرعة التصاعدية ترتبط بالفرق بين الاثنين : ان هذا الفرق يتضاءل باستمرار نتيجة ضعف الدافع ، فتصبح الحركة نحو الأعلى أكثر فأكثر بطأً .

وعندما تصبح قوة الجاذبية اكبر من قوة الدافع ، يعود الجسم الى الهبوط وتزايد سرعته بمقدار ما يتزايد الفرق بين قوة الجاذبية وقوة الدافع .

وهكذا بالنسبة الى المقذوفة العامودية ، فان هذه النظرية تقبل الخلط او التركيب ، بين الدافع العنيف والدافع الطبيعي ، تركيب يعتبر مستحيلأ في حالة المقذوفة الأفقية . فبين الصعود والهبوط ، كما يُعَلِّمُ أرسطو ، وكما كرر الجميع ذلك - باستثناء بندتي Benedetti وحده حتى نهاية القرن السابع عشر - يجب ان تقع لحظة يكون فيها ثبات وجود . هذه الفكرة عن « حالة الوسط » quies media يقول بها الحس السليم . بل هي فعل تجريبية . يقول لويس فيفس Louis Vives : الا نرى ان سهماً ، اطلق في الهواء ، يتوقف لحظة قبل ان يسقط ؟

وكذلك اليس هو فعل تجريبية تزايد سرعة القذيفة في اللحظات الأولى من انطلاقها ، فعلاً أو حدثاً يُؤكده جميع التالين والقناصين والمدفعية ؟ الا ان جان دولارت Jean Dullaert ولويس كورونيل Luiz Coronel ينكران هذا . وعلى كلٍ فهما يقبلان بواقعة ان القذيفة تضرب بقوة اكبر بعد

مسافة معينة من المدفع ، أكثر مما لو كانت إليه أقرب . ذلك انه « بالنسبة الى المتحرك نفسه ، لا توجد علاقة ثابتة بين عصف الفرية وسرعة الحركة » .

3 - ليونارد دا فنشي LEONARD DE VINCI

نلتفت الآن الى انتاج ليونارد دا فنشي ، اذ هو ، بدون منازع ، الأكثر اصابة والأكثر جلة خلال تلك الحقبة . ليس لانه بالامكان ان ينسب اليه اكتشاف اشياء لم يكن بإمكانه اكتشافها ، مثل مبدأ « الجمود » وقانون سقوط الأجسام ، ولكن حتى دون الوقوع في عيب التفسير المغالي في عصرية ليونارد وفي غناه ، يبقى لصالح ليونارد اشياء كثيرة مفيدة ، حتى ولو خاطئة ، ومهمة ، حتى ولو أن نتائجها وبواكيرها لم تستخرج ، بحيث يكون موقف بعض المؤرخين العصريين ، الانتقادي ، عارياً من التبرير .

من التقنية الى العلم : كان ليونارد دا فنشي Leonard de vinci عبقرياً تكنولوجية لا مثيل لها . ففي اعماله تتحول التقنية الى تكنولوجية ؛ تحول تعبر عنه اقواله الشهيرة حول الاهمية المطلقة للتجربة ، التي يدعي هو انه تلميذها ، بالنسبة الى التأمل الفلسفي الخالص وإلى المعرفة الكتابية ، والتي ليست ، على الأقل الاقاعدة لبناء النظرية التي تحمل عملها وتحملها ، تحول نادى به تصريحه الشهير حول الميكانيك ، جنة الرياضيات ، حيث تعطي الرياضيات كل ثمارها . ميكانيك يتحول من فن تجريبي الى علم تطبيقي وبالتالي علم مغلق امام كل أولئك الذين ليسوا مهندسين . تحول حقيقته كثرة رسومه ومشاريعه الآلية التي سبقت زمنه ، والتي لا تقدم لنا صوراً ، كما تقدم المجموعات التقنية من القرن 15 و16 ، بل « مشاريع » عسوية وناجزة للمقاييس ، مثل الرسوم الجيومترية ، ولهذا يمكن القول انه اذا كان علم هندسة « جيومترية » ليونارد هي « جيومترية » مهندس ، فان فنه كمهندس هو فن « جيموتر » (عالم بالهندسة) .

ورغم اعجاب ليونارد Leonard بالظرية فهو لم يكتب مؤلفات نظرية ، أو اذا كان قد كتب كتاباً واحداً فان هذا لم يصل إلينا .

اما ما نملكه ، بالمقابل ، فجملة من المخطوطات ذات تواريخ غير اكدية ، يكرر بعضها بعضاً ويكمل بعضها بعضاً . أو يناقض بعضها بعضاً ، والتي يصعب درسها - رغم سهولة ذلك مادياً بفضل الطبعة المدهشة التي صدرت عن «سكريتي دلا ميكانيك» Scritti della meccanica من قبل غيدو اوسلي M. Guido Ucelli (ميلانو 1940) - بسبب تشتتها وتفرقها ، وبسبب عدم وضوح التعابير ، وغموض الصيغة . اما المخطوطات المكتشفة في مدريد سنة 1966 فتتطبق عليها نفس الملاحظة . ولهذا يُفتش عن عطاء ليونارد في مجال علم الميكانيك ، لا في الصياغات العامة أو التعاريف ، بل في تحليل حالات محددة أو محددة نصفياً وفي الرسوم التي تقترن بها . رسوم تتيح ، في اغلب الأحيان ، فهم فكره بصورة افضل . ان عظمة ليونارد ليست في الفكر المجرد ، بل في الرؤية الحادة للحالة الملموسة .

الستاتيك والآلات البسيطة: يركز الميكانيك عند ليونارد على المبادئ الأرسطية أو على مبادئ « المسائل الميكانيكية » - مع بعض التصحيحات والإضافات وخاصة نظرية الدافع التي أدخلها منظرو القرون الوسطى .

ان المبدأ الذي يقوم عليه ستاتيك أرسطو Aristotle - والذي نسميه نحن « مبدأ السرعات الممكنة أو المفترضة » - يكفي ، كما هو معلوم لتفسير مسار الآلات البسيطة : البكرة ، ومجموعة البكرات أو العفريت (moufle) والمخل أو العتلة والميزان الخ . . . ويبدو ان ليونارد قد عرف ما نسميه اليوم « مبدأ التنقلات الممكنة » . ويحظىء مع ذلك من يسند اليه الوعي الواضح للفرق بين المبدأين : اذ لا أحد في الواقع ، قبل ديكارت Descartes ، استطاع ان يفهم بوضوح الفرق الأنثاسي بين وجهتي النظر .

وبالمقابل فهم ليونارد فهماً مدهشاً سير الآلات البسيطة . فهذه الآلات وبصورة خاصة المخل والميزان أصبحت بالنسبة إليه نماذج عقلانية توضح العلاقات الأساسية التي إليها يحاول ان يرد كل مسائل التوازن .

فهو يرى ان القوة التي يمارسها وزن موضوع عند طرف غل تتدلى عندما ينحرف المخل عن الوضع الأفقي ، وان هذه القوة تتناسب مع المسافة بين هذا الطرف والعمودي الذي يمر في نقطة دوران المخل (غل القوة) . وينتج عن ذلك أنه ، في ميزان معوج ، ليست الأهمية لطول الذراعين الحقيقيين بل للذراعي القوة . وككل سابقه اهتم ليونارد بالسطح المائل . وقد بين وهو يفتش عن شروط التوازن في جسمين ثقيلين مربوطين معاً بخيط وموضوعين على سطحين منحدرين وملتقيين ، ان هذين الجسمين يظلان في حالة توازن إذا كان وزن كل منهما متناسباً مع انحدارية السطحين ، وهذه الانحدارية حددتها مع الأسف بشكل غير صحيح . الا ان رسمة في «المخطوط H» تشبه في وضوحها رسمة ستيفن Stevin⁽¹⁾ المشهورة ، تصحح هذا الخطأ وتدل على أن الوزن النسبي لجسم موضوع فوق سطح منحدر يتناسب عكسياً مع طول هذا السطح (بالنسبة الى ارتفاعه) .

ولم تكن بحوث ليونارد Léonard حول تعلق الأجسام بخيوط وشد هذه الخيوط بالأوزان المعلقة لم تكن موفقة . الا ان دراسة من هذا النوع حملته على تصور حالة متوازي أضلاع القوى . وهو اكتشف ان يمكن ان يكون مهماً لو أن ليونارد عرف كيف يعمم حله . وهذا امر لم يتيسر له . ومرة أخرى لم تسعف قوة التجريد النظرية الالهام الابداعي العبقري .

ديناميك ليونارد والحركة المتوترة : يشكل الديناميك القسم الأهم والأكثر اصالة في إنتاج ليونارد العلمي . ولكن مع الأسف كان تفسير هذا الديناميك أكثر تضليلاً من تفسير الستاتيك وذلك بفضل الميل التاريخي التبجيلي عند أكثر مؤرخي ليونارد .

(1) ان رسمة ليونارد هي رسمة مهندس فهو يوسط البكرات لكي يلغي الاحتكاك بين الجسم الموضوع فوق سطح منحدر وهذا السطح بالذات .

والواقع ان ديناميك ليونارد كما أثبت ذلك ب. دوهم P. Duhem هو ديناميك الدافع . والشكل المحدد الذي يعطيه لهذا الدافع يدل على تأثير أيريدي ساكس وتقولاي دي كوي Albert de Saxe et Nicolas de Cues . فقد أخذ عن الأول أسلوب تقدير العلاقة بين القوة المحركة والمقاومة الداخلية او الخارجية للمتحرك . ومن الثاني اخذ فكرة الدافع المركب . فالدافع في نظر ليونارد هو فضيلة ولدتها الحركة وطبيعتها بواسطة المحرك في الجسم المتحرك . وهذا التطبيق يمكن ان يتم بعبء أشكال . ولكن في جميع الأحوال انها قوة تؤثر في المتحرك فتحدث فيه مشابه لها ، أي قوة مشتقة . ويتلashed الدافع الذي ولدته القدرة وتمثلت فيه ، وذلك في انتاج الحركة وبواسطتها .

وتتحلل حركة القذيفة الى ثلاثة مراحل : الأولى : وفيها يسيطر العنف - عندها تتحرك القذيفة بخط مستقيم . وفي المرحلة الثانية يدخل العنف ، عنف الدفع ، والميل الطبيعي نحو الأسفل ، بفعل الجاذبية ، في صراع ويتفاعل الاثنان عندما تكون القذيفة ترسم خطأ باربولياً . والحالة الثالثة تعود الطبيعة فتسترد حقونها ويسقط الجسم بخط مستقيم نحو مركز العالم (صورة 7 ص 102) وفي حالة نصف الكرة التي تخرج فوق سطح يتوافق ليونارد Léonard مع كوزين Cusain . ويلقي القسم المستقيم من المسار . هذه المعرفة لواقعة قوامها ان المسار يمكن ان ترسمه باكملة حركة مختلطة هي معرفة رئيسية ، ولو ان ليونارد طبق هذا الالهام في حالة حركة النفث ، اذا لكان سبق . تارتاليا Tartaglia بنصف قرن .

ولكنه للأسف لم يفعل رغم أنه قال بإمكانية وجود الحركات المنحنية بصورة كاملة ، مثل حركات نوافير الماء ، وأنه توصل - مرة واحدة - الى التخلي عن الأطروحة الأساسية أطروحة استقامة الحركة العنيفة والى التأكيد بأن : « كل شيء مدفوع بعنف يتبع في الهواء خط حركة منحني . فإذا كان هذا المحرك يحرك شيئاً ، دائرياً ، ثم ترك هذا الشيء بخلال مثل هذه الحركة ، عندها تصبح حركته انحنائية .

تسارع سقوط الأجسام ومقاومة الهواء : قبل ليونارد Léonard بالمبدأ - الأرسطي - وبموجبه فالحركة او سرعتها ، هي رهن بالعلاقة بين القوة للحركة ومقاومة الحركة : فالقوة المضاعفة تقترن بحركة (او بسرعة) مزدوجة . وجسم أثقل مرتين يسقط مرتين اسرع . وديجة أرسطو Aristotle يمكن أن تتأول بشكل الطف ، مع الأخذ أكثر بعين الاعتبار ، دور المقاومة التي تناهض الحركة . وعندها يبحث عن النسب الأساسية لا في العلاقات بين القوة والمقاومة ، بل في العلاقات بين فوائض القوى والمقاومات . وفي افكاره حول سقوط الأجسام يعتمد ليونارد في أغلب الأحيان هذا التصور . ان مقاومة الهواء تطفي مفعولها في اتجاهات متعاوضة : فهي من جهة تسرع حركة السقوط بفضل موجة مباشرة ، تنتشر امام الجسم وتخفف المقاومة التي تعترض هذا الجسم . ثم بفضل موجة معاكسة تحيط بالجسم فتدفعه من الورا . ومن جهة أخرى ، يقاوم الهواء الحركة ، انما بشكل غير متسق لأن « ضخامته » ليست متسقة . ولهذا فحركة الهبوط ليست بذاتها لا متسقة ولا هي متسقة التسارع . ان ثبوتية التسارع تتحقق بواسطة اوالية تعويضية يفسرها ليونارد طويلاً وهو يخلط بين ادوار الوقت والقضاء المقطوع .

ثم انه بالنسبة الى ليونارد - وهنا يكمن مصدر فشله الأخير - ليس الوقت ولا الفضاء اللذان يشكلان محور تحليله : انها الحركة . ولكن هذا المفهوم معقد وصعب ، وهو بأن واحد زمني وفضائي ، فالحركة تقتضي بأن واحد انتقالاً وسرعة وهما مفهومان يعيل الفكر الى اعتبارهما متضامتين تماماً .

الصدمة : بالفعل وردة الفعل - اذا كان ليونارد لم يكتشف لا قانون سقوط الأجسام ولا مبدأ الجمود ، فانه بالمقابل اقرب من اكتشاف مبدأ المساواة بين الفعل وردة الفعل ، وهو مبدأ ضاعه بوضوح ، خاصة في دراسته حول القرع (النقر) وحركة الأجسام خارج القرع يقول : « ان فعل الجسم القارع في الشيء يعادل فعل الشيء المصدوم في الجسم » (C. Arundel) ، وعلى أساس هذا المبدأ يؤسس كل تحليله لظاهرة الصدم ؛ هذه الدراسة التي يظهر فيها متقدماً على عصره بمقدار قرن من الزمن ، تقتضي تصوراً جديداً جداً للحركة ، تصوراً لم يصفه ليونارد .

والنقر - أو الضربة - هو في الأساس عنف . ثم أن فعله يتعارض مع فعل القوى او الأسباب الطبيعية . وهو يحدث عندما يصطدم جسم متحرك بسرعة بشيء صلب . فالثقل الواقع فوق سطح يصدم هذا السطح ، وبما أنه هو قد صدم ، فانه « يطجج » بخط مستقيم وفقاً للعالمودي الذي نزل فيه . وان صدم الجسم السطح من زاوية معينة ، فانه يطجج ايضاً ، « وزاوية الطجج تساوي زاوية الصدم » . والحركة الارتدادية هي رهن بالقوة البسيطة التي يتمتع بها الدافع (الذي يتحكم بالحركة الارتدادية) كما هي رهن بقوة الصدم البسيطة . وتحليل الحركة المنعكسة يكشف في هذه الحركة تركيب حركات ، أو قوى محركة ، بحسب مبدأ متوازي اضلاع السرعات . وهو اي التحليل يقتضي تواجد حركتين ، أو قوتين محركتين ضمن نفس المتحرك دون ان تعيق احدهما الاخرى . وهو يقتضي ايضاً فرضية قريبة جداً من مبدأ حفظ الحركة او اللحظة (momentum) .

ينكر ليونارد Léonard ضياع الدافع في الصدمة ، ويقول مبدأ حفظ غرضه سيء التحديد ، الا ان مشابهته مع مفهوم ديكارت Descartes اكيدة ، وان كان هذا الحفظ غير مطلق وان كانت الحركة لا تجتاز الا مسافة محدودة .

ويشكل حفظ القوة المحركة ومساواة الفعل وردة الفعل في الصدمة الأساس النظري للتحليل ، الذي قام به ليونارد ، والذي تناول مختلف حالات ارتجاج الأجسام المتحركة . وكانت الحلول التي توصل إليها رغم بعض الأخطاء في الحساب ذات دقة وصحة مذهبتين الى درجة ان ليونارد يميز ، دون ان يقول ذلك صراحة ، بين صدمة الأجسام المظاطة وصدمة الأجسام الطرية .

ويدل ان في ظاهرة الصدمة هناك عمل مزدوج النواحي مساو معاكس ، وبذات الوقت هناك تحويل للقوة كامل او جزئي من الضارب والمضروب . تحويل يبدو احياناً وكأنه تبادل في القوتين المتواجهتين ، وتارة وكأنه قسمة للقوة المتاحة بين الجسمين المشاركين .

ولا يقدم ميكانيك القرن السادس عشر شيئاً من مثل تحليل ليونارد . ومن اجل التوصل الى

مستوى الفكر المنبعث من هذه التحاليل ، كان لا بد من انتظار مجيء ماركوس مارسى دي كرونلاند
 . Marcus Marci de Kronland

II - فيزياء القرن السادس عشر

بخلاف رأي شائع ، لا يبدو عمل ليونارد دافنشي Léonard de Vinci انه قد أثر تأثيراً
 عسوساً في القرن السادس عشر . فهل كان هذا العمل معروفاً فقط؟ . يمكن الشك بذلك . وعلى
 كل حال لم يستفد أحد مما فيه من جلة ومن 'خصب' ، مثلاً من الأفكار حول تسارع الأجسام او من
 نظريته في الارتجاج .

إلا أن بعض الأعمال المميزة زرعت في القرن السادس عشر تقيماً نحو فلسفة رياضية تعوض
 الخسران الذي ذكرته الملاحظة السابقة .

1 - تار تغليا TARTAGLIA

إن العلم الجديد الذي بشر به كتاب تارتغليا الصغير وإسمه نونفا سيانتيا Nova Scientia (1537)
 هو علم الصواريخ . وإذا كان تارتغليا يبالغ حين يدعي أنه المخترع - إذ سبق لليونان ان اهتم
 بالامر قبله - فمن الحق القول انه كان الأول الذي قدم معالجة نظرية لمن كاد حتى ذلك الحين مجرد
 تجربة . من هذه الناحية بالذات تبقى أعمال تارتغليا جليلة القدر ، رغم أن النظريات التي يعرضها هي
 خاطئة تماماً .

« العلم الجديد » : ان الديناميك في نونفا سيانتا هو تقليدي خالص تقريباً . ولكن عرضه ليس
 عرضاً تقليدياً . إذ تغلب فيه العقلية الجيومترية . فهناك سلسلة من التعاريف مقرونة بفرضيات او
 بديهيات ، ثم احكام مشتركة منها تستخرج مقترحات العلم الجديد . فضلاً عن ذلك يتفادى تارتغليا
 أي جدل فلسفي في موضوع المفاهيم التي يستعمل واسباب الظواهر التي يدرس : ذلك انه يتوجه الى
 الممارس لا الى الفيلسوف .

انه كفيزيائي وكجيومترى يميز في التعريف الأول بين المادة وشكل الأجسام ، وكلها ذات ثقل . ثم
 يعلن أن هذه الأجسام سوف تشكل موضوع الدرس الوحيد . المادة يجب ان تكون ثقيلة مثل الحديد
 والرماس والحجر الخ . والشكل محدد مرسوم باتجاه الحركة ، أي أن كل شيء يجب أن يتلاقى
 ليجعل مقاومة الهواء مهمة . ولكن بما أنه من الصعب القدرة دائماً على جعل الشكل المرسوم في الوضع
 المراد ، فمن الأفضل الاكتفاء بالشكل الكروي . لان هذا الشكل يؤمن تركيباً ثابتاً على الأقل . ويقول
 آخر ان الأجسام المتساوية الوزن عند تارتغليا هي قذائف المدافع في عصره .

والحركة المحلية لهذه الأجسام اما أن تكون طبيعية أو عنيفة . ولكن السقوط العامودي هو الحركة
 الوحيدة الطبيعية والممكنة . في هذه الحركة الطبيعية تسقط كل الأجسام المتساوية الوزن بسرعة تزداد
 بمقدار بعدها عن نقطة الانطلاق أو قربها من نقطة الوصول . وعلى كل لا يتسكك تارتغليا هذه المعادلة .
 حيث يقول في « الاقتراح 2 » ان الحركات الطبيعية كلها تبدأ بنفس السرعة الدنيا وسرعتهما تزداد أثناء
 السير .

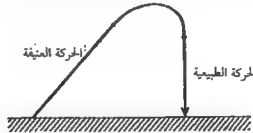
وخصائص الحركة العنيفة متقابلة تماماً . فعند نقطة الانطلاق يباطئ الجسم المتحرك بعنف سرعته . ولهذا يرفض تارتغليا المعتد الشائع القائل بالتسارع المطلقى للقديفة وتزايد قوة الصدم تبعاً لهذا التزايد .

والتقابل أو التقارن الصحيح بين أنظمة الحركات العنيفة والطبيعية ، هذا التقارن شكل تقديماً أصيلاً ، أتاح لتارتغليا Tartaglia أن يتصور بشكل جديد عدم التلاؤم المطلق بين هذه الحركات ، ليس فقط لأن تمازجها مستحيل ، بل أيضاً لأن تتابعها لا يمكن أن يتم إلا عند نقطة ذات حد أدنى من السرعة . وفي هذه النقطة يكون عامودي الحركة الطبيعية للسقوط عمادياً أي ملاصقاً لمسار الحركة العنيفة وهي في نهايتها .

ولا يقدم تارتغليا تبريراً لهذه الخصوصية المهمة التي تدعم بحثه حول شكل المسارات . وبالفعل إذا كانت بداية مسار الحركة العنيفة للقديفة ما مستقيمة بما فيه الكفاية ، وفقاً لممارسة الرمي على الهدف مباشرة فإنه يتوجب بالتالي وجود قوس مرتبط مع العامودي عند النقطة الحياضية . ويتوجب أيضاً افتراض وجود تأثير للجاذبية على هذا القوس حتى عندما تكون الحركة فيه فقط عنيفة .

وباعتماد الرسمة الثلاثية الأقسام في المسار ، ويتقسمه الى مستقيمين يربط بينهما قوس دائري (الصورة 7) ، عرف تارتغليا جيداً أنه لا يمثل الحقيقة . وتضمنت الصفحة الخارجية من كتاب نوبا سياننا رسماً لمسارين : رمي تمتد ورمي عامودي ، والاثنان شبه بارابوليين ، بحيث أنه لا يمكن الشك بمعنى الجهد الذي بذله المؤلف : تبني الأفكار النظرية وفقاً لاهام التطبيقيين ثم تقديم نوع من التقريب الرياضي المفهوم قدر الإمكان .

ولكن النتيجة كانت مع ذلك غير كافية ، خاصة فيما يتعلق بعلاقة القسم المستقيم بالقسم الدائري الذي رسمته الحركة العنيفة . وعلى الأقل ظن تارتغليا أنه يستطيع التأكيد بأن المسارات المنطلقة من زوايا رمي متساوية ، تبدو متشابهة ، وإن المدى الأفقي يتناسب مع سرعات المنطلق . وهذا خطأ يتوافق مع واقعة تقييم الحركة المنسقة التغير والمتباطئة كلما امتدت المسافة المقطوعة . نشير أن صاروخ تارتغليا يجهل الحلقات الوسطى media quies ، الأمر الذي يجعل عمله ذا صفة أصيلة .



صورة 7 : رسمة ثلاثية « مسار القذائف »

نشر أيضاً إلى أن نونفا سيتا Nova Scientia - ينتهي حول مسائل تطبيقية : تحديد المسافات وتحديد ارتفاعات الأهداف المستهدفة ، وصف آلة قياس الزوايا (الارتفاع) المستخدمة في المدفعية .

تصحيحات مهمة : نحو صاروخ جديد حقاً : في سنة 1546 أصدر تارتاغليا كتابه : *Quesiti et inventioni* ، وقد احتوى البابان الأولان دراسة حول القذائف تستعيد وتكمل وأحياناً تغير في النظريات التي عرضها نونفاسياتنا .

والتغير الأهم يقوم على التوكيد على الصفة الانحنائية لمسار الحركة العنيفة ، ما لم تكن هذه عامودية . وفيها خلى هذه الحالة الخاصة لا يتضمن مسار القذيفة أي خط مستقيم . وهذه النظرية تبدو معاكسة للتجربة . ثم إن محاور تارتاغليا - لأن كتاب الكيزيتي *Quesiti* كتب بشكل حوار - يتذرع بتجربة القاذفين الذين يسدحون إلى الهدف مباشرة فوق محور القطعة بواسطة خشبة التسديد (الميرا) . ويجب تارتاغليا بأن هذا التطبيق لا يرتكز إلا على عدم دقة الحواس وعلى ضعف الفهم البشري . أما خصمه فيؤكد أن السرعة العظيمة للقذيفة عند خروجها من فم المدفع تتعارض مع ميل أو انحناء المسار . فبريد تارتاغليا بأن هذه السرعة الكبرى تخفف من القذيفة التي يحملها الهواء كلها كانت سرعتها أكبر ، ولكنها لا تحمها من فعل الجاذبية . فضلاً عن ذلك أن السرعة تتضائل . ففي القسم *ab* من المسار تكون السرعة أكبر في القسم *ac* منها في القسم *cb*



فهل يتوجب الافتراض أن *ac* هي أكثر استقامة من *cb* . ليس من المعقول أكثر الاعتقاد بأن أيًا من أقسام المسار لا يمكن أن يكون مستقيماً مهماً صغيراً .

الا أن تارتاغليا ، الذي كان يدافع بعناء عن الحقيقة النظرية ضد مزاعم شبه تجربة الحس العام والمدفعية ، لم يكن يستطيع في جميع الأحوال رفض سهادة هؤلاء جملة وتفصيلاً . ولهذا جهد في تفسير السبب الذي يجعل القذيفة الثانية أبعد مرمى من القذيفة الأولى ، رغم أن القذيف يتم بنفس المدفع . وبصورة متتالية للضربة الأولى والثانية ، في الوقت الذي يكون فيه الارتفاع والثقل موحدين تمامًا .

وقد حاول أيضاً أن يفسر لماذا تكون قوة سحب القذيفة أضعف عند الخروج من بوز المدفع مما هي بعد مسافة منه .

وتضمن كتاب الكيزيتي *Quesiti* عرضاً لستاتييك تارتاغليا Tartaglia المأخوذ عن جيوردانو نيموراريوس Jordanus Nemorarius ، مع أنه لم يذكره ، وهذا ما حمل فراري Ferrari على انتقاده بشدة . ولكنه امتاز باعطاء مخطوطة كتبها جيوردان Jordanus إلى كورتيسوس تروجانوس Curtius Tro-

Janus الذي نشرها سنة 1565 تحت عنوان جوزداني اوبسكولوم (Jordani Opusculum) . . . وإذا فقد عرف تراث « المدرسة الباريسية » في القرن الثالث عشر وسمح بنشرها في إيطاليا .

وتارتغليا الذي كتب بلغة وادي نهر البو ، لم يقرأ فقط في بلده . فقد اعيد نشر كتبه من قبله بالذات سنة 1550 ، وبدون تغيير يذكر . وعرف نوحا سياننا سبع طبعات حتى سنة 1583 . ولكن ، - وربما بسبب تردده - لم يكن لتارتغليا تأثير كبير خاصة فيما يتعلق بالأشياء الجديدة التي أتى بها . لأنه إذا كانت نظرية المسار الثلاثي الأجزاء الوارد ذكرها في النوحا سياننا قد نجحت كثيراً ، فإن نظرية المسار المنحني تماماً والوارد ذكرها في كيزيتي Quesiti لم تنجح أبداً . إذ لم يعتمدوا ولم يناقشوها احد حتى الرياضيين أمثال كارديان Cardan أو بالدي Baldi ولا حتى بنديتي Benedetti الذي عارض التراث بالأسس المثبتة. لفلسفة رياضية ، والذي ناقش عدداً معلوماً من نظريات تارتغليا Tartaglia . هذا الإغفال يدل على قوة التراث التجريبي التقني وبدلنا على أهمية المواقف التي كان على النظرية الفيزيائية ان تجاهها .

2 - التغيرات حول فكرة الدفع

كاردان Cardan : ظهر جيروم كاردان Jérôme Cardan ، في كتابه الشهير سابيتليات Subtilitate 1550 ، مناصراً معتدلاً لنظرية ديناميك الدفع . ولهذا فهو يقدم لقارئة عرضاً طويلاً لنظرية أرسطو Aristote ، وهو بذات الوقت يوجه اليه الانتقادات التقليدية التي يوجهها خصومه . وقد نبى هو هذه الانتقادات وادعاها لنفسه . أما عن مسار الشيء المفلذوف (انحناء) في الهواء ، فقد اعتمد كاردان Cardan نظرية الأجزاء الثلاثة في بنية الحركة : عتيفة مطلقة ، مختلطة ثم طبيعية خالصة . ولم يكن يعتقد أن القسم المنحني يجب أن يكون مقطوعاً من دائرة ، ولكنه ارتكب خطأ عدم ربط الأقسام المستقيمة والمنحنية في المسار بشكل تلاصقي .

ويبدو كاردان تقليدياً جداً في تقبله لواقعة التسارع الأسامي للقذيفة التي تصل الى أقصى مرعتها وإلى أقصى قوة صدمتها ، في وسط مسارها . وهو بهذا متفق مع ليونارد Léonard ومع أرسطو Aristote أيضاً . إذ يضاف الى قوة الدفع قوة ردة فعل الوسط ، التي تتزايد . ولا يضيف كتاب اوبيس نوفم دي بروبورسيوني باس Opus novum de proportionibus (1570) ، شيئاً كثيراً الى النظرية المعروفة في كتاب سابيتليات Subtilitate : فالحركة الطبيعية بذاتها يجب ان تكون متسقة نظراً لأنها من فعل سبب ثابت ، اما الحركة العنيفة فيجب ان تكون ، بعكس ذلك حركة متباطئة باستمرار نظراً لأن سببها يتلاشى وهو يحدتها . وفي الواقع ، وبسبب ردة فعل الوسط الذي يدفع ويسحب القذيفة الى الامام بأن واحد ، فإن كل حركة تتضمن مرحلة تسارع ، وهذه المرحلة في الحركة الطبيعية تدوم حتى نهايتها ، أما في الحركة العنيفة ، فإلى حين معين (ولا يقول كاردان Cardan حتى منتصف المسار) . وقبل ان تتوقف الحركة نهائياً تصبح بطيئة جداً . وهذا يقتضي ان تكون حركة القذيفة ، هي أبداً ما تكون في ذروة خطتها المنحني . ونشير على كل حال ان التأكيد ، المأخوذ بدون شك

عن باندتي Benedetti. بأن كرتين من ذات المادة، نازلتين في الهواء تصلان الى الأرض بنفس اللحظة .

بيكولوميني Piccolomini : بخلاف كاردان Cardan في الديناميك النصف ارسطي ، نادى الكسندر بيكولوميني Allesandro Piccolomini في كتابه إن ميكانيكا . . روما 1547 بديناميك الدفع الخالص. إن فعل المحرك يحدث في الجسم المتحرك دفعاً مكتسباً بصورة عرضية . وينشأ عن هذا في المتحرك الساثر بحركة طبيعية تزايد جذب أو نقل ظاهري سطحي يمر ورائه تسريع لحركته . وبالمقابل يحدث دفع الحركة العنيفة في المتحرك نوعاً من الخفة السطحية . وهذا يمنعه من السقوط ما دام فعل الدفع قائماً فيه . إذ عندما يخف الدفع ويتلاشى أو عندما يتغلب الجاذبية الأرضية ، يتوقف الجسم عن التحرك العنيف وينزع نحو الأسفل بحركته الخاصة .

سكاليجر Scaliger : في سنة 1577 هاجم ج. م. س. ساكاليجر J. C. Scaliger في كتابه «دي سابيتيليات De Subtilitate ad...» (باريس 1557) عمل كاردان هجومياً عنيفاً وبصورة خاصة استعماله نظرية ردة فعل المكان الى جانب نظرية الدفع . وعارض النظرية الأرسطية بدورة صحن مقطع ضمن صفيحة خفيفة يحرك بواسطة مدور يدوي (مانيفل) ، الهواء قليل جداً كما يقول سكاليجر بين الصحن وحروف التجويف الدائرية حيث يدور الصحن ، بحيث يستطيع هذا الهواء ، بردة فعل منه تغذية الحركة . والسبب الذي يجعل الصحن يدور والذي قد يسمى «بحركاً Motio» وليس دافعاً ، هو شكل يفرضه المحرك وقد يظل هذا الشكل فيه حتى بعد ابعاد المحرك الأساسي . وهذا «المحرك» الذي يتمتع ويتلاشى مع الزمن يلعب نفس دور الدافع ويشرح سكاليجر Scaliger تسارع الأجسام الخاضعة لتأثير طويل من محرك ، بفعل تراكم الدفعات التي يعطيها هذا المحرك .

هذه «الردة الفعل» المتأخرة والتي يقول بها تقليدي، بوجه انتقالية الزمن - ان سكاليجر يعارض تمجيد أرخميدس Archimède من قبل كاردان Cardan ويدافع بعنف عن إجماع العظماء المدرسين أمثال دون سكوت Duns Scòtt ، هيتسبوري Heytesbury و«سوينشيد Swineshead» ضد هجمات كاردان Cardan - هذه «الردة الفعل» لم تأت بأي شيء جديد حقاً .

برناردينو بالدي Bernardino Baldi : لا شيء جديد ايضاً باستثناء القول بأن الحركة تولد الحركة عند برناردينو بالدي الذي استلهم كاردان Cardan وبيكولوميني Piccolomini . من ذلك أنه في كتابه «إن ميكانيكا» الذي كتبه سنة 1582 ونشر سنة 1621 ، يقول بالدي Baldi بأن الحركة العنيفة تشبه الحركة الطبيعية ما دام العنف هو المسيطر ، أي انها تسرع في البداية . ولكن الدفع العنيف يتلاشى والحركة العنيفة تتباطأ باستمرار في حين ان الحركة الطبيعية التي تستمر بذاتها هي دائماً في حالة تسارع .

احجية دومينيك سوتو Dominique Soto : نلتفت الآن الى دومينيك سوتو . هذا المدرسي الأسباني الذي اشتهر في زمنه ونسي فيما بعد ، اليه ينسب دوهيم Duhem الشرف بأنه من الأوائل

الذين عرفوا ، في حركة سقوط الأجسام ، وصعودها فلذا إلى الأعلى ، - حالات تكون فيها الحركة متسقة التغير بالنسبة إلى الزمن . لم يكن سوتو Soto فيلسوفاً كبيراً . والفيزياء عنده تقليدية انتقائية . ولهذا قد نعجب عندما نراه يؤكد أن :

«الحركة المتسقة التغير بالنسبة إلى الزمن هي الحركة التي يكون تغيرها بحيث إذا قسمناها بحسب الزمن ، أي بحسب الأجزاء التي تتعاقب في الزمن وفي كل جزء ، تتجاوز حركة النقطة الوسطى الحركة القصوى الأضعف . في هذا الجزء بالذات - بكمية تساوي الكمية التي تجاوزهها بها الحركة القصوى الأكثر زخماً .

هذا النوع من الحركة هو النوع المختص بالأجسام التي تتحرك بحركة طبيعية ومختص بالقذائف . وفي كل مرة تسقط فيها كتلة من ارتفاع ما داخل وسط متسق فانها تتحرك في النهاية أسرع مما تتحرك في البداية . ولكن حركة القذائف تكون أبطأ في النهاية منها في البداية . وهكذا تتحرك الأولى بزخم أكبر في حين تضعف الثانية بشكل موحد » (كستيني سوبر أوكتو . . . سالامنك 1572)

إن الترخيم والإضعاف ، للحركة يعنينا برأي جان سيلايا التسريع والتأخير ، والقاعدة التي قبل بها سوتو تعني التأكيد بأن الطريق التي يجتازها مثل هذا المتحرك تساوي الطريق التي يمكن أن يقطعها بذات الوقت بحركة متسقة موحدة تكون سرعتها متوسطة بين السرعة القصوى والسرعة الدنيا لهذا المتحرك .

كيف توصل سوتو إلى جعل حركة السقوط كمثال لحركة موحدة التسارع ؟ وكيف توصل على تقديم هذا الانتقال من مفهوم رياضي خالص إلى واقع فيزيائي وكأنه شيء بدوي ، انتقال رفضه دائماً الرياضيون والمناطق من مدارس باريس واكسفورد ؟ أنها لمسألة يصعب حلها خصوصاً وأن سوتو يبدو متضيقاً من التمييز الذي أنجر إليه بين طبائع مختلفة للحركة بحسب ما إذا نظرت إليها من حيث الموضوع المتحرك أو من حيث الزمن .

ظن دوهيم Duhem أن سوتو Soto لم يبد إلا رأياً تافهاً « قبل منتصف القرن 16 لدى المدرسين البارييسيين وتلاميذهم » . لكن إذا كان الحال كذلك ، لماذا لم ينجده هذا الرأي إلا عند دومينيك سوتو Dominique Soto ؟ وكيف حدث أن بينه وبين غاليليه Galilée ، لم يرد هذا الرأي ، بمقدار معرفتنا ، عند أحد غيره ؟ ولا حتى عند بنيدتي Benedetti ، في مجهوده الواعي المستمر من أجل إقامة الفيزياء على قواعد ثابتة وقوية من الفلسفة الرياضية ؟

3 - بحثا عن فلسفة رياضية للطبيعة : بيندتي BENEDETTI

جان باتيست بيندتي Giam battista Benedetti (1530 - 1590) هو أكثر الفيزيائيين الايطاليين اثارة في القرن 16 . وهو أيضاً الفيزيائي ذو الدور التاريخي الأهم : إذ أن تأثيره على غاليليه Galilée الشاب الذي تبعه خطوة خطوة في كتابه : دي موتي De Motu ، كان عميقاً وغير منكور . لم يجهز بندي الحد الذي يفصل العلم الوسيطى وعلم عصر النهضة عن العلم الحديث . فاجتياز هذا

الجد يعود الفضل فيه الى غاليليه . ولكن بنيدتي تجاوز تارتاغليا Tartaglia ، معلمه وسابقيه المباشر في جهد تريض العلم . واكثر من ذلك : في معارضة واعية وعاقلة للفيزياء التجريبية والنوعية التي قال بها ارسطو Aristote ، حاول بنيدتي ان يقيم ، على الاسس الستائية الارخيدية ، فيزياء ، أو بحسب تعبيره « فلسفة رياضية » للطبيعة .

ولكن محاولته لا يمكن أن تنجح ، لأنه بخلاف غاليليه ، لم يعرف كيف يتخلص من فكرة الدفع المهمة كأساس للحركة . ومع ذلك فقد نجح - وليس هذا بالأمر الهين بالنسبة إلى مجده - في تصور انعدام « الحالات الوسط » Quies media والاستمرارية التناقضية لحركة المنجى والذهاب ، تصوراً رياضياً . كما استطاع أن يبين ، بخلاف كل التراث الموروث من آلاف السنين ، أن جسمين ، على الأقل إذا كانا من طبيعة ومن اتساق متماثلين (أي أن ثقلهما النوعي واحد) يقعان بنفس السرعة مهما كان وزن كل منهما . وهنا أيضاً يعود الفضل الى غاليليه بأنه عرف كيف يعمم اقتراح بنيدتي ويوسعه حتى يشمل كل الأجسام دون تمييز طبيعتها .

المحاولة الأولى : يشرح بنيدتي في كتابه المسمى : « حل كل مسائل اقليدس Euclide » ، وقد نشره على انفصال ، في جنوى 1554 ، وقد سرق ج . تسنيه J. Taisnier . بوقاحة هذا الكتاب بعد عدة سنوات ، في هذا الكتاب يشرح بنيدتي أن نظرية ارسطو القائلة بأن الأجسام الثقيلة تقع بسرعة أكبر من الأجسام الخفيفة وذلك بنسبة اوزانها ، تحتاج الى التصحيح من نقطتين اساسيتين : أولاً : ليس الوزن بذاته بل زيادة وزن المحرك عن وزن الحجم الذي يحتله هذا المحرك في الوسط المحيط به هو الذي يحدد السقوط وسرعته ثم ثانياً : ليس وزن الجسم هو المؤثر بل ثقله النوعي .

ولكي يثبت حقيقة الحكم الأول عارض بنيدتي Benedetti ، - الذي يؤمن بنسبية السرعة الى القوة المحركة - ارسطو متذرعاً باعتبارات قائمة على «ايدروستاتيك ارخيدس L'hydrostatique d'Archimède » ان الأجسام الثقيلة ، المغطسة في وسط اخف منها ، (والمناسبة في الماء) تفقد وزناً معادلاً لوزن حجم مساوٍ من الوسط الذي هي فيه .

اما الحكم الثاني ، فقد اثبته بنيدتي عندما قارن سقوط كلة وزنها 4 وحدات بكلة اخرى وزنها وحدة واربع كلل كل منها وحدة ، مجموعة معاً . من الواضح ان مركز الثقل في كلة الأربع وحدات يقع بنفس السرعة التي لمركز الثقل المؤلف من أربع كلل مجموعة معاً ؛ ومن الواضح أيضاً ان كل واحدة من هذه الأربع الأخيرة تقع بنفس السرعة مع الكلة المفردة . يقول بنيدتي : هذا الحكم الثاني لا يتوافق مع نظرية ارسطو ولا مع أي من شارحيها الذين رأيتهم أو قرأت لهم أو تحدثت معهم وهذا صحيح . وبالمقابل ، وفيها خصص الحكم الأول طور بعض شارحي فيزياء ارسطو ، وبالدرجة الأولى جان فيليبون Jean Philippon نظرية مماثلة تقريباً . وهي النظرية التي تربط سرعة الجسم المتحرك بزيادة الدفع على المقاومة ، مما يعني أن التاريخ يجب أن يقرب بينهما (راجع المجلد I ، القسم الثالث الفصلين الثاني والثامن) . ويبدو مفهوم بنيدتي ، في خصوصيته الذاتية ، من خلال احلال رسمية أرخيدية محل الرسيمة الأرسطية في القرون الوسطى .

نهاية الاحلال: (في كتابه ديفرسارون سيبيكلاسيونوم 1585 Diversarum speculationum mathematicarum . . .) يرفض بنيدتي الأفكار الأرسطية حول الثقل والخفة المطلقين ويحل محلها الثقل والخفة النسبيين : كل الأجسام تعتبر ثقيلة ، نسبةً إلى ثقلها النوعي densité وهي يزيد أو ينخفض وزنها بحسب الوسط الذي يحيط بها. والسلم الكمي عند أرخميدس يحل عندها محل التعارض النوعي عند أرسطو .

ويحتوي كتاب بنيدتي في قسمه الفيزيائي هجوماً منظماً على فيزياء أرسطو ، وعرضاً ممتازاً لقاعدة «الدافع» التي يتعصب لها . وككل الذين سبقوه يهاجم قبل كل شيء نظرية أرسطو حول القذف ، ولكنه أكثر عقلانية من كثيرين غيره ، وذلك حين يعتبر أن هذه النظرية لا تصلح : فالوسط لا يمكن أن يكون محركاً ، بل هو دائماً حائق يعارض الحركة ويقاومها .

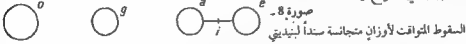
وقد سبق أن درسنا فكرة الدفع كسبب داخلي لحركة الأجسام في المجلد الأول (القسم الثالث ، الفصل 8) وقد عدل بنيدتي النظرية برفضه الدفع الدائري وبإصراره على الصفة المستقيمة للدفع : إنها حركة بخط مستقيم تفرضها اليد أو المقلع . على القذيفة وليست هي حركة دائرية . وكذلك الحال في الحركة الدائرية للبلبل أو لحجر الطاحون : أن كل ذرة في هذه الأجسام تنزع لأن تتحرك بخط مستقيم ، والعنف وحده أي قوة الربط هو الذي يحكمها لكي تدور .

إن تخلف فيزياء أرسطو يفسر برأي بنيدتي بأن أرسطو لم يفهم دور الرياضيات في العلم الفيزيائي . ولا يمكن إلا الانطلاق من أسس ثابتة في الفلسفة الرياضية - أي انطلاقاً من أرخميدس Archimède واستلهاماً من أفلاطون Platon - لكي يمكن احلال فيزياء أفضل مؤسسة على حقائق يفهمها العقل البشري تلقائياً ، محل فيزياء أرسطو .

بنيدتي Benedetti وانتقاد أرسطو Aristote : جهد بنيدتي أن يضع أسس هذه الفيزياء الجديدة . الواقع أن أرسطو لم يفهم شيئاً بالحركة . لا بالحركة الطبيعية ، لأنه اعتبر أن الجسم الساقط بحرية يتسارع بمقدار ما يقترب من الهدف وليس ، كما هو الحال واقعاً ، بمقدار ما يبعد عن نقطة الانطلاق ؛ وأنه لم ير أن «الحركة المستقيمة للأجسام الطبيعية الصاعدة والمهابطة ليست حركة طبيعية في المقام الأول وبدايتها» ، بل هي حصيلة قوة سابقة ، وأنه لم ير أيضاً فعل الوسط الذي وضعت فيه هذه الأجسام (من ذلك أن الحركة نحو الأعلى ليست حركة طبيعية على الإطلاق ، بل هي غلبة للأكتيف على الأثنيذ) . كما أن أرسطو لم يفهم شيئاً عن الحركة العنيفة لأنه لم ير أن الحركة المستقيمة ذهاباً وإياباً هي حركة مستمرة ويتم بدون توقف ، ولا أن الحركة على خط مستقيم يمكن أن تكون لا نهائية في الزمن رغم أنها نهائية في الفضاء .

ولكن الخطأ الأكبر في فيزياء أرسطو هو نفيه وجود الفراغ والحركة في الفراغ . نحن نعلم أن استحالة الفراغ يثبتها أرسطو عن طريق البطلان : في الفراغ ، أي في حالة انعدام المقاومة تتم الحركة بسرعة لا نهاية لها . ويرى بنيدتي أن هذا خطأ كبير . فنظراً لأن السرعة تتناسب مع الوزن النسبي

للجسم أي مع وزنه المطلق ، ناقصاً (وليس قسمةً على) مقاومة المكان ، ينتج عن ذلك مباشرة أن السرعة لا تزيد الى ما لا نهاية له وأنه بعد الغاء المقاومة ، لا تصبح السرعة لا نهائية إطلاقاً . بل هي بالعكس متناسب ، فيما يخص الأجسام المختلفة (أي الأجسام المولدة من مواد مختلفة) متناسبة مع وزنها النوعي المطلق أي مع ثقلها النوعي (Densité) . أما الأجسام المركبة من نفس المادة ، فإن سرعتها الطبيعية في الفراغ واحدة .



وهذا يثبت بالبراهين التالية : « نفترض وجود جسمين متجانسين g و o » (صورة رقم 8) ونفترض أن g نصف o . ونفترض أيضاً جسمين آخرين متجانسين مع الأولين $Acte$ وكل منهما مساوياً لـ g . نتصور أن الجسمين الآخرين يعني g و o موضوعين عند طرفي خط وان i نصف هذا الخط . من الواضح أن النقطة i تحمل ثقلاً يعادل الثقل الذي يحمله مرك o . ثم أن i يفعل الأجسام g و o يتحرك في الفراغ بنفس السرعة التي يتحرك بها المركز ولكن إذا كان الجسمان o و g غير مرتبطين بالخط المذكور فانها لا يغيران سرعتهما ، وكل منهما يكون سريعاً مثل g . وإذا g تكون بمثل سرعة o .

في الحركة في الفراغ، وفي السقوط المتواقت لأوزان متجانسة: اننا نبعد كثيراً عن فيزياء أرسطو. ولكن الأسس الثابتة للفلسفة الرياضية ، والنموذج القائم أبداً حول فكر بنيديك Benedetti وفهمه للعلم الأرخيدي ، لم تسمح له بأن يقف عند هذا الحد. فأرسطو قد صنع لنفسه تصوراً خاطئاً عن العالم تصوراً يتلاءم مع فيزيائه. ان مفهومه الخاطئ ، للكوسمولوجيا المرتكزة على النهائية هي أساس نظريته عن المكان الطبيعي الذي هو اساس الديناميك عنده . والواقع لا يوجد أي جسم في العالم أو خارج العالم (مهما قال أرسطو) لا مكان له . امكنة خارج العالم؟ لم لا ؟ . هل من ضرر ان تكون فوق السماوات اجسام لا نهائية ! لا شك أن أرسطو Aristote ينكر ذلك . ولكن حججه ليست على الاطلاق دامغة . ولا أيضاً حججه التي يقول بها عن استحالة تعدد الأكرار وعن عدم فساد السياء وغيرها من الأشياء الكثيرة . كل ذلك لأن أرسطو لم يفهم شيئاً بالرياضيات ، والدليل على ذلك انه انكر حقيقة اللانهاية . وبنيديك حين عارض انكار أرسطو لوجود اللاهائي قسّم الخط الى قسمين متساويين . ثم قسّم الى قسمين كل واحد من النصفين الحاصلين وارتنى تكرار العملية الى اللانهاية . وهذا ما حمل على التأكيد بأن التعددية اللانهائية ليست أقل صدقاً من التعددية النهائية .

وهكذا نجد انفسنا قريبين من غاليلي Galilée ومن ديكارت Descartes . وقريبين جداً . ولكن أيضاً بعيدين ، اذ من بين الأخطاء التي ارتكبها أرسطو بشأن الحركة ، لم يستطع بنيديك ان يلحظ الخطأ الأكبر بل وقع فيه . وهذا الخطأ هو انه رأى في الحركة تغييراً لا « حالة » . وهذا الخطأ يجعل الفلسفة الرياضية لدى بنيديك وراء الخط القاسم الذي يفصل علم عصر النهضة عن العلم الحديث .

4 - أرخميدس Archimède جديد : سيمون ستيفن Simon Stevin

ان مساهمة ستيفن الوحيدة في الديناميك تقوم على تجربة حول سقوط الأجسام اجراها مع جون غروسيوس Jean Grotius سنة 1585 ، وذلك لمعرفة : هل الأجسام الثقيلة تقع اسرع من الأجسام الخفيفة كما يقول ارسطو ، ام انها تقع بذات الوقت كما يؤكد ذلك تيسي Taisnier وكاردان Cardan .

دلت التجربة انه اذا وقعت طابتان من الرصاص من وزنين مختلفين بنفس السرعة ، فبالقابل يقع خيط القطن بصورة أبطأ من رزمة القطن المكبوس : وإذا فالتظنرتان خاطئتان . وقد ندهش ان ستيفن لم يحاول معالجة هذه النتيجة المخيبة . فقد يمكن ان يكون قد توقف بفعل الصعوبات التي يفرضها وضع ديناميك رياضي ، أي استحالة اقامة العلاقة بين المقاومة والقوة نظرياً ثم استحالة جعلها تجريداً ، كما فعل عامداً في ستاتيكة وفي الألدروستاتيك الذي وضعه . وبهذا الشأن ورغم هدفه العملي ودرسه للفن الوزني، ولاثر الآلات البسيطة مثل المخل والبكرة رأى ستيفن أن الستاتيك هو بذاته علم نظري خالص وهو فرع من الرياضيات حاله كحال الحساب والجيومتريا .

ونشر ستيفن كتابه ستاتيك باللغة الفلمنكية أولاً ، وضمنه تطبيقات عملية ومعالجة ايدروستاتيكية وذلك في سنة 1586 . واعيد طبع الكتاب مع اضافات سنة 1608 وترجم الى اللاتينية من قبل سنيليوس Snellius . ولكن البر جيرار Albert Girard نشر ترجمة فرنسية للكتاب في سنة 1634 .

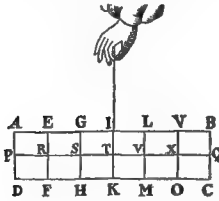
فصل الستاتيك عن الديناميك : ان ستاتيك ستيفن أرخميدي خالص . وكفي كما يقول دوهم Duhem : تصفح الكتاب حتى نعرف في ستيفن تلميذاً أميناً للجيومترى السيراكوزي . ولذا فهو يحكم ضد التراث المبتنى عن « مسائل ميكانيكية » ، والذي يربط بين الستاتيك والديناميك ويفسر توازن العتلة باعتبارات تنظر الى الحركات على انها اقواس دائرة تقوم بها أطرافها .

وعلى كل لا يبدو ستيفن متمسكاً بهذا الحكم . اذ بهذا الشأن ، وفي ملحق ثانٍ لكتاب الستاتيك وفيه يدرس توازن البكرات ، والرافعات ، كتب يقول انه يطبق على هذه الآلات البديهة التالية : *Ut spatium agentis ad spatium patientis, sic potentia patientis ad potentiam agentis* . ويعيد ادخال تنغلات ، من العبث التساؤل ما اذا كانت فعلياً قائمة او ممكنة محتملة .

ستاتيك ستيفن : نظرية المخل : يقسم كتاب الستاتيك الى بابين . الباب الأول يدرس خصائص توازن الأوزان او الأثقال ويدرس الثاني بحثاً حول مراكز الثقل في الرسوم المسطحة وفي الأجسام الصلبة . ويقسم الباب الأول الى قسمين القسم الأول فيه تعاريف وبدييات والقسم الثاني فيه اقتراحات تعالج الأوزان النازعة عامودياً (بفعل نظرية المخل) ، والأوزان النازعة مائلياً (بواسطة السطح المائل) .

ان نظرية المخل ذكية ونايقة ، وهي ترد شروط التوازن في أي غل الى حالة ابسط حالة الميزان ذي الذراعين المتساويين الذي يعطي نتائج اكيدة حالاً .

يفترض وجود موشور *Prisme* متجانس معلق بمركزه في الصورة، مركزه الذي يشكل بذات الوقت مركز ثقله النوعي *T* (صورة 9) ، من المؤكد أنه سيكون في حالة توازن . لنقسمه ، ذهنيًا ، الى ستة اجزاء متساوية بالخطوط *BC VO, LM, IK, GH, EF, AD* نجتمع بالفكر ايضاً ، القطع الأربع اليسارية والقطعتين اليمينيتين: ان مراكز ثقلها النوعي المتتالي تكون عند *S* و *X* . نُجَلْ عمل كُلٍ من هذه الأجسام ثقلاً مساوياً ، يعلق عند مركز الثقل النوعي لكل منها. وهذه الأثقال يجمعها عامود صلب : ان التوازن لا يتغير ، الا ان المسافة التي تفصل *T* عن *S* و *X* تتناسب عكسياً مع الأوزان المعلقة . ان التحليلات ، المبنية على نفس النموذج ، تدل على صحة القيمة العامة لهذا الحكم مهما كان شكل الأجسام المعنية أو الطريقة التي بها تعلق بالعامود (الصلب) الموجود في الميزان .

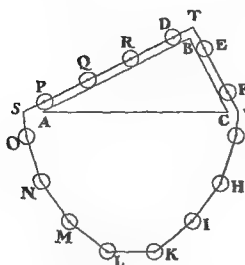


صورة 9 - تبين شروط التوازن في ميزان متساوي الذراعين وقسمه ستيفن

السطح المائل: «العجيبة ليست عجيبة»: لم يعمل ستيفن *Stevin* ، كما قيل احياناً ، مشكلة السطح المائل ، فقد أثبت دوهيم بهذا الشأن ان هذا الحل قد عثر عليه جوردانوس نيفوراريوس *Jordanus* و *danus Nemorarius* وعنه «اخذه» استعاره تارتاغليا *Tartaglia* . الا ان نظرية التوازن ، توازن الأجسام ، فوق سطح مائل ، تستحق ان نلحق باسم ستيفن *Stevin* . فقد عثر عليها ستيفن *Stevin* ، بواسطة تحليل اصلي وجديد ، مركّز على «استحالة الحركة الدائمة» ، ثم حوَّله الى مبدأ اساسي في الميكانيك ، بواسطة تحليل استقرائي لدرجة يبدو معها الاستنتاج بديهياً غريباً .

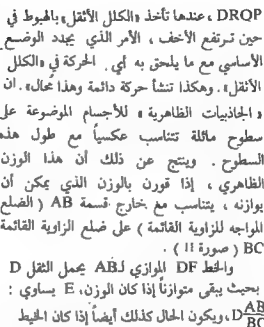
هذا التبيين ، (وهو الأشهر ، وقد كان ستيفن فخوراً به الى درجة انه كتب تحفه «العجيبة ليست عجيبة» ، على الصفحة الغلافية من كتابه) . يقوم على رسم مثلث *ABC* بحيث يكون الضلع *AB* اطول من الضلع *BC* بمرتين . ويوضع الضلع المذكور أي *AB* بشكل يكون سطحه عامودياً وقاعدته موازية للأفق ثم احاطته بالتالي بسلسلة مؤلفة من 14 كلة متساوية وعلى نفس الأبعاد *R, Q, P, O, N, P, L, K, I, H, G, F, E, D* (صورة 10) .

في هذه الحالة تقع كلتان على الضلع *BC* ، وأربع على الضلع *AB* والثمانى الباقية تعلق تحت بحيث تشكل مجموعة متعاقبة . وبالقصوروة يكون الجميع بخالة توازن لانه اذا كانت «الجاذبية الظاهرة» - وهو مفهوم يتوافق مع المفهوم المسمى «الجاذبية الثانية المكانية» *gravitas secundum Situm* ، بحسب الستاتيك الوسطي - للككتين *F* و *E* لا تتساوى مع الجاذبية الظاهرية التي للكلل



يشد الوزن D عمودياً نحو الأسفل، بشرط أن يكون الوزن M مساوياً للوزن E.

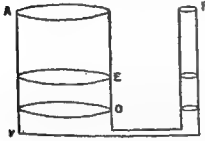
وقد درس ستيفن Stevin أيضاً حالة يكون فيها الوزن D مشدوداً بخيط غير مواز للسطح المائل (شاكل مائل) ، وتوزع الوزن على السنادات ، الخ . وغيراً وفي قسم أصغر من الستايك : سبارتوستاتيك Spartostatique يدرس ستيفن توازن الأجسام المحمولة بخيوط . وقد توصل إلى وضع قاعدة متوازي اضلاع القوى ، في حالة وجود مكونات مستقلة .



صورة 11 - شروط توازن جسم مرتكز على سطح مائل مستنداً لستيفن.

الأدروساتيك ستيفن : ولكن اذا كان عمل ستيفن في الستاتيك ، ويفعل الوضوح الذي يضيفه على هذا العلم جعله يبدو وكأنه المبدع الثاني بعد أرخميدس Archimède ، فإن عمله في الأدروساتيك ربما كان أروع . اذ يجب القول ان الألدروساتيك منذ أرخميدس لم يجرز أي تقدم .

ويمكن القول ان بنيلقي Benedetti وحده ، حين اكتشاف مبدأ التوازن الإيدروستاتيكي قد قام بخطوة الى الأمام. وهذا الشأن يقول بنيلقي في كتابه ديفيرساروم ميكوكولاسيونوم Diversarum Speculationum ان الماء في الأوعية المتصلة يكون على نفس المستوى وبالتالي إذا كان جسم المصنوعة AV قد وصل بأنبوب ضيق F (صورة رقم 12) فإن ماء الأنبوب يكفى لمقاومة دفع الماء في جسم



صورة 12 - دراسة الأوعية المتصلة على يد بنيدتي .

المضخة AV وبالعكس ، رغم أن ماء الوعاء AV يزيد في حجمه وفي وزنه عن ماء الأنبوب F .

من هذه الملاحظات استنتج بنيدتي - وهو بذلك سابق على باسكال Pascal وضغطته المائية - أنه ، إذا كان جسم المضخة AV أعرض بعشر مرات من الأنبوب F فإنه يلزم وزن عشرة أضعاف في AV لدعم ضعف واحد في F .

ولم يعرف ستيفن بنيدتي - إذ لم يقرأ إلا كتاب أوبسكولوم L'opusculum الذي وضعه ج . تسيني J. Taisnier ، ونشر في كولونيا Cologne ، دون أن يشك بأن الكتاب مسروق عن كتاب بنيدتي وعنوانه ديمونستراسيون - ولذا يعتبر عمله مستقلاً واصلًا .

ولهذا العمل من ستيفن أيضاً مدلول آخر غير مدلول عمل الفيزيائي الإيطالي بنيدتي . إذ من نفس الملاحظة المتعلقة بالأوعية المتصلة وتوازن الماء فيها ، وإن الماء في الأنبوب الصغير يعادل من حيث الوزن وزن الماء في الوعاء الكبير ، يستنتج ستيفن بأن الضغوطات التي يمارسها الماء في الأنبوب الصغير والماء في الوعاء الكبير ، فوق سطح فاصل ، هذه الضغوطات متساوية . ومن هنا وبفضل تحليلات دقيقة واصلية بين ستيفن أن ضغط الماء على قاع وعاء لا يتعلق لا بشكل هذا الوعاء ولا بكمية الماء التي يحتويها بل فقط بارتفاعه . ويقول آخر أن الضغط يساوي الضغط الذي يمارسه على هذا القاع وزن منشور (Prisme) قاعدته تشكل القاعدة وارتفاعه يساوي الخط العمودي بين قعر الإناء وسطح الماء . ومن هنا المفارقة الإيروستاتية الشهيرة القائلة بأن أي سائل يمكن أن يمارس على قعر الوعاء الذي يحتويه ضغطاً يزيد كثيراً عن وزنه .

ويستند تحليل ستيفن على المبدأ (قاعدة 4 ، بند 4) القائل بأن أي جسم صلب مهما كان شكله وذا وزن نوعي معادل لوزن الماء ، يبقى في حالة توازن مهما كان وضعه ، وبالتالي أن احلال هذا الجسم محل أي قسم من الماء الموضوع في وعاء (مبدأ التجسيد) لا يغير شيئاً من ظروف التوازن وفي ضغط الماء . فلنحل إذاً مثل هذا الجسم الجامد محل كل الماء الموجود في الوعاء ، باستثناء بعض مساحة في القعر وباستثناء فتاة ، مهما كان شكلها تربط بين القعر والسطح ، في هذه الحالة لا يتغير الضغط . فلنفرض الفتاة : يزول الضغط وينعدم . غلّا الفتاة من جديد : يعود الضغط . ويبقى دائماً مهما كان شكل الفتاة . وإذا فالحجم ووزن الماء المضغوط يساوي ضغطاً يحده منشور قائم مركز على القعر المذكور . هذا الضغط يحدث على حد سواء من أسفل إلى أعلى ومن أعلى إلى أسفل .

ولهذا إذا تصورنا القعر EF في الأنبوب KLI متحركاً (صورة رقم 13) يجب من أجل معادلة ماء الأنبوب وجود وزن يفوق عدة مرات وزن هذا الماء ، وذلك من أجل موازنة ماء الأنبوب .



صورة 13 - تحديد ستيفن للضغط
الذي يمارسه سائل معين على قاع
الوعاء .

عند دراسة الضغط الحادث على القعر يضيف ستيفن
Stevin دراسة الضغط الذي يحدثه السائل على اطراف الوعاء
الذي يحتويه .

ولتحديد هذا الضغط وضخامته قطعَ الجوانب الى اقسام أفقية
واعتبر الضغط العام وكأنه مجموع الضغوطات الجزئية التي يمارسها
السائل على كُلٍّ من هذه الأقسام ، ضغوطات تتعلق بالعمق بين سطح

الماء وكُلٍّ من الأجزاء المعنية . وبهذا الشأن شكّل ستيفن سلسلتين لكل منها عمق القسم متخذاً كعمق
للقسم مرة عمق حده الأعلى ومرة عمق حده الأدنى . والمجموع الأول اصغر والمجموع الثاني اكبر من
القيمة المتباعدة التي تشكل الحد المشترك والتي نمثر عليها كلما زدنا الى ما لا حد له عدد الأقسام . وهكذا
يكون الضغط الذي يسببه السائل على حاجز عامودي مساوياً لوزن نصف موشور يشكّل الحاجز
قاعدته اما ارتفاعه فيساوي ارتفاع مستوى الماء في الوعاء . وبفضل اعتبارات مماثلة حدد ستيفن
ضغوطات السائل على الحواجز المنحنية وعالج أيضاً الحالات التي تكون فيها الحواجز أو الجوانب
مستديرة ، أو معوجة . فضلاً عن ذلك أضاف البرهان الجيومترى تدليلاً رقمياً .

علامة من علامات الوقت : يقفز امام النظر الايماء الأرخيدي في هذه المناهج ولكن يبقى
لستيفن فضل ومجد استعمالها في مجال لم يفكر احدٌ قبله بها .

واذا قورنت مساهمات ستيفن في نظرية السفينة ببقية عمله التنظيري فانها تبدو ثانوية . الا أنه
يعود الفضل الى ستيفن في تبيان ، ليس فقط ان السفينة تكون اكثر استقراراً كلما كان مركز ثقلها
النوعي أدنى ، بل أيضاً أن هذا المركز يجب ان يكون ادنى من مركز الثقل النوعي للماء الذي يحمله
غاطسها .

ونهي بالتذكير بان اعظم مجد احرزهُ ستيفن ، بالنسبة الى معاصريه ، لا يكمن لا في « حسابهُ »
ولا في ستاتيكيه ولا في اينزوستاتيكيه بل في عربة ذات شراع بناها سنة 1600 من اجل موريس دي ناسو
Maurice de Nassau ، عربة تنسح لثمانية وعشرين شخصاً يجلسون فيها ولا يستطيع اي حصان
اللاحاق بها .

الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :

العلوم المتعلقة بالأرض

ان علوم الأرض تحمل ، اكثر من غيرها من علوم الطبيعة ، ثقل المواقف الفكرية او السيكولوجية الموروثة عن الماضي او المرتبطة بغاية هذه المواقف . مركز الكون ، مقر الانسان ، تلعب الأرض دوراً أساسياً في كل علوم الكون (كوسمولوجيات) ، ولكن احشائها تتضمن كنوزاً وربما أيضاً « الجحيم » . والانسان الذي يدخل وهو يرتعد في الكهوف المظلمة ، يخشى أن يجد فيها الشياطين الى جانب المعادن الثمينة . ولكن هنا أيضاً يمكن أن نعثر بحق على الطبيعة الحقة وهي تعمل . في أي مكان آخر لا يوجد مثل هذا الاحساس بالصفة البروميتية (الحضارية) في البحث عن المعرفة .

تغطي الكوسمولوجيا الارسطية للأرض وضعاً خاصاً . فالكون بحكم أنه أزلي تكون الأرض اذلية مثله وهذا يقتضي نفي أو استبعاد فكرة الأحداث الكبرى الجيولوجية . ولكن الأرض بحكم موقعها من عالم تحت القمر ، وهو مكان الخلق والفساد ، معرضة لتغيرات دائمة : من جهة ، ان العناصر يمكن أن تتغير بعضها في بعض . ومن جهة اخرى أن الابخرة الجافة والرطوبة التي تتصاعد من الأرض بتأثير من الأجرام السماوية تتحكم بالميتورولوجيا (حالة الرطوبة والجفاف) وبدوران المياه وحتى بالزلازل . وهناك سلسلة من الأحداث الجيولوجية تفسر بأسباب فيزيائية ، الا ان البحث المنهجي قلما يكون ممكناً نظراً للحالة الاقليمية التي تتحكم بالأحداث المرصودة .

وبالعكس ان الكوسمولوجيا المسيحية تفرض فكرة خلق الكون في لحظة محددة من الزمن . والكمال الواجب بحكم أنه إلهي ، كمال الكون المخلوق ، يفترض تلازماً صحيحاً بين اقسامه ويفترض أن تكون الأرض ، في تضاريسها ، في وضع يساعد على التفكير في المصير الأخرى اكثر من البحث عن الأسباب الفيزيائية . ورغم أن التراث الموروث عن « الأنبياء » لا يفرض فكرة الخلق الكامل ، دفعة واحدة ، الا أن هذه الفكرة فرضت نفسها بصورة تدريجية . والتسلسل التاريخي التوراتي يوحى بتاريخ محدد لخلق الكون : وهذا التاريخ يختلف بحسب المفسرين ، فهو يقع عادة في

حوالي 4000 سنة قبل المسيح . وتاريخ الأرض ، اذا اخذ بين الأبدية الغامضة التي قال بها ارسطو والاختصار في التاريخ التوراتي لا يمكن أن يتطور ولا يمكنه أن يتضمن إلا أحداثاً ذات مدى قريب .

ومن جهة أخرى ان الفكرة المتكونة عموماً عن « الطبيعة » كقوة ناشطة أبداً ومحكومة بقوة منبثقة عن الله ، حتى وإن لم تتنسب به ، تجعل من احشاء الأرض المكان الدائم للتغيرات الدائمة . وفي افضل الأحوال تعتبر هذه التغيرات من تلك التي تطمح الخبيثاء الى احدثائها في المختبر . وهذه التغيرات البعميقة ، المتخيلة مسنداً لمبادئ الخيميائي ، أكثر مما هي وفقاً لنموذج ارسطو المتعلق بتغير العناصر ، هذه التحولات لا تعتبر تفاعلات كيميائية ولكنها قد تصبح كذلك . وفي أسوأ تفسير يعتبر نشاط الطبيعة هذا كعملية سحرية يدخل فيها تأثير النجوم . ان « الطبيعة » او العالم الروحاني هي التي تعطي لبعض الأحجار والصخور اشكالاً عجيبة واغضاء شبيهة باغضاء الانسان او الحيوانات ، واحياناً حروفاً لاتينية او عبرية . ان المتحجرات تعتبر بصورة خاصة كالعاب في الطبيعة . وعلى كل حال ان الحدود بين المملكة الحيوانية ومملكة الجماد ليست واضحة فالأحجار تنبت كما تنبت الأعشاب مما يدل على انها كانت حية .

وعلى الأقل من المسلم به ان شيئاً ما يحدث وان الطبيعة تعمل باستمرار وأنه يمكننا محاولة فهم سر عملياتها . وهناك بعض المفكرين الكبار يحملهم هذا الاقتناع على البحث عن اسباب فيزيائية لبعض الأحداث التي تسهل ملاحظتها. يقول برنار باليسي Bernard Palissy : ورد في كتاب « الخلق » ان الله خلق كل الأشياء في ستة أيام وأنه استراح في اليوم السابع : ولكن الله لم يخلق هذه الأشياء ليركها بدون عمل ولهذا فكل شيء يقوم بواجبه ويتحرك . لا شك انه تنقصنا معارف كثيرة أيضاً ، ومفاهيم كثيرة وقواعد ومناهج تجريبية ما نزال نحتاج الى اختراعها لكي يقوم علم بهذا الشأن . ولكن الفضول عبر الزمن يراكم المعارف التفصيلية ويضع مختصرات تفسيرات جزئية نسبها القرن السابع عشر لمدة طويلة نظراً لاهتمامه الحديث بالكوسموجونيا الفيزيائية (أي علم نشأة الكون) .

فضلاً عن ذلك كان الفضول في القرن السادس عشر بعيداً تماماً عن التنظير . وتفرض الدراسات حول حركة البراكين في بلدان حوض المتوسط نفسها فالبحت التعديني والأيدولوجي تشجع عليه احتياجات الطب الذي يعطي لبعض الأحجار خصائص شمانية ويستخدم المياه الحارة . وقد ساعدت الرأسمالية الناشئة خاصة في المانيا البحوث المنجمية .

ولكن الكتب التقنية المؤلفة حول هذه البحوث ظلت في أغلب الأحيان عملية وقلما أدت الى تنظيرات عامة . ولكن هذا لا يعزى فقط الى التناظر أو التعارض بين النظرية والتطبيق كما ينصوره برنارد باليسي Bernard Palissy في كتابه « خطابات مذهشة » : بل ربما يعود هذا بصورة خاصة الى ذهنية القرن السادس عشر بالذات .

بنية الأرض: اذا كان الشكل الدائري للأرض لم يعد أبداً موضوع شك من قبل أي كان فان التكوين الفيزيائي لهذه الكرة بوطبيعة الأقسام المركزية يثيران جدلاً كبيراً . ونظرية النار المركزية قديمة

جداً. ولكن التيلوجيا أعادتها الى الحياة بقوة، حتى جاكوبو ماريانو دي سيان Jaccopo Mariano de Sienna وضع لهذا الموضوع، في القرن الخامس عشر، تفسيراً عاماً يتناول البراكين والهزات الأرضية. اما كاردان Cardan فيرى أن كتلة الكون سائلة وان القارات تعوم على سطح الماء. وهذا الأمر رفضه بعنف ج. س. سكاليجر J. C. Scaliger، الذي يعتبر أن كتلة الكون جامدة وان البحار لا تغطي الا قشرة سطحية قليلة السماكة (سابليتات 1557 Subtilitate). وهذا الرأي يبدو أكثر شيوعاً: فهو مقبول لدى ليونارد دافنشي Leonard de Vinci ولدى أغريكولا Agricola، على الأقل. وهذا المفهوم لا يمنع من القول بوجود كهوف ضخمة في باطن الأرض الصلبة مملوءة بحسب الآراء، بالماء أو بالنار أو بالهواء العنيف، ونشاطها بارز بظواهر سطحية. وهو لا يمنع كذلك من افتراض وجود كمية ضخمة من المياه الباطنية.

تضاريس الأرض وأسبابها: ان هذه المسألة من أكثر المسائل أهمية واثارة للجدل ويبدو بشكل عام أنه من المقبول القول بأن هذه التضاريس في الأرض، في خطوطها الكبرى، تعود الى أيام خلق العالم. فالهينوتي برنارد باليسي يقول: «الله حدد حدود البحر فلا يتجاوزها: كما كتب ذلك سفر الأنبياء». اما سكاليجر فيقول من العبث أيضاً البحث عن منشأ الجبال وعن منشأ كل الكون: فكلها وضعتها الله بالأمكان المناسبة. ولكن هذه النظرية تصطدم بانتقادات جدية. والفكرة الأكثر أصالة ان لم تكن الفكرة الأقوى هي فكرة خلق الجبال بفعل الجاذبية بين الكواكب، ويجب سكاليجر: اذا صحت هذه الشروط فالجبال يجب ان تدور مع الكواكب. ولكن التشيبي سكاليجر اخطأ بالتخلص سريعاً من الحلول الأخرى المقترحة لهذه المشكلة: ذلك أنه لا يستطيع الاعتقاد بان تضاريس الأرض قد اصابتها تغييرات مهمة منذ خلق الكون.

فالهزات الأرضية والبراكين توحى بعدم استقرارية القشرة الأرضية، ومنذ العصور القديمة كانت صقلية Sicile ومنطقة نابولي Naples مكاناً لنشاط بركاني زلجيم استمر حتى القرن السادس عشر (1488، 1527، 1538). ويعزو ارسطو في كتابه علم الأرصاد الجوية (ميتيرولوجيا) الظاهرة الى رياح باطنية مضغوطة داخل الفجوات. وأعاد سكاليجر هذا التفسير، الا أن آخرين مثل كاردان وبرنارد باليسي، يقولون بالنيران الباطنية التي تستهلك كميات من الكبريت والبيريت والفحم الحجري. وهذه النيران تعمل اما بصورة مباشرة او تولد ابخرة عنيفة تضغط بشكل رياح باطنية. وهذه الرياح تفجر اقبية الفجوات التي تحتويها فتولد الزلازل وتفجرات البراكين، واحياناً ظهور أراضٍ جديدة مثل جزيرة ميكرا كيميري Micra Kimeri في خليج سونتورين Santorin، 1573. ولا يبدو ان احداً فكر في توسيع هذا التفسير ليشمل كل جبال الكرة الأرضية. والعكس من ذلك يرى أغريكولا Agricola ان النار لا يمكن الا ان تلتف الجبال وذلك بالقضاء على اجزائها الداخلية. وهناك ملاحظة غريبة إبداعها سكاليجر مفادها ان غرق كتلة صلبة في مادة لدنة مثل غرق الحجر في الرحل، يؤدي الى رفع سطح المادة اللدنة. ولكن هذه الفكرة سرعان ما تحل عنها المؤلف لأنه لم ير جدوى القول بها.

والواقع ان الفكرة السائلة عموماً هي نظرية «نبتونية»، (قبل وقتها). ويرى ليونارد دا فينشي

Leonard de Vinci أن الجبال ، وهي عظام الأرض كانت مغطاة في الأصل بمواد خفيفة ازالها الحث واخذها الى الامكن المنخفضة . وليست الفكرة واضحة تماماً ، ويجب الافتراض بأن الجبال كانت مغطاة بتراب لين وانها كانت موجودة منذ التكوين . اما فكرة اغريكولا فتبدو اكثر وضوحاً واكثر جرأة :

« فالهضاب والجبال احدثتها قوتان : قوة الماء وقوة الريح . وهناك ثلاث قوى تزعزع الجبال وتزيلها ، وهنا يجب ان نضيف الى قوة الماء وقوة الهواء قوة النار الداخلية في باطن الأرض . والان نستطيع ان نرى بوضوح ان الكمية الكبيرة من المياه تحدث الجبال ، لأن السيول تسحب الأرض الطرية ثم تنقل الأرض الأصلب وبعدها تدحرج الصخور الى القاع ، وهكذا تحفر بعد سنين السهول والفجوات الى اعماق بعيدة . وهذا يمكن ان نلاحظه في المناطق الجبلية حتى من قبل مراقبين غير مجربين . وان نحن حفرنا الى اعماق بعيدة ، عبر الأجيال تتكون لدينا هضاب ضخمة على الجانبين . وعندما يرتفع هكذا شاطئ تذيب التربة وتتأكلها الأمطار الدائمة بعد أن يكون الجليد قد فجرها وفجر الصخور ، ما لم تكن هذه الصخور صلبة للغاية ، نظراً لأن ركائزها تكون قد ماعت بفعل الرطوبة ، عندها تدحرج الصخور في الفجوات المتكونة في الحضيض . ويستمر الحال هكذا الى ان يتحول المنحدر العنيف الى منحدر لطيف . وكل جانب في الحفرة يسمى جبلاً ويسمى القاع وادياً . . . ولكن هذه التحولات في الأرضاع مهما كانت من الكثرة ومن الأهمية ، لا يعزوها الناس إلى حين حصولها بالضبط ، وذلك بسبب قدمها وبسبب تقادم الزمان والمكان والكيفية التي بدأت بها ، فلا تستطيع ذاكرة الانسان استيعابها » .

وتتضمن الخلاصة نوعاً من الاستشعار بضخامة الأزمنة الجيولوجية ، وفي هذا بصورة خاصة تكمن جرأة النص رغم انه من الممكن العثور على نفس الملاحظة عند ارسطو Aristotle . ووصف مختلف اشكال الحث بواسطة الماء (امطار، جليد، مياه جارية) يبدو واضحاً نوعاً ما ، ولكن الفكرة لم تكن جديدة . اذ من المعروف ، منذ أيام هيرودوت Hérodote ان مصر كانت هبة النيل . وقد احتج سترابون Strabon ضد توسيع هذا النمط من التفسير والاسراف به . ورغم ذلك فقد تمت العودة اليه ووسعه ليونار دا فينشي Leonard de Vinci بصورة خاصة ، حين نظر في الشروط التي بها ينقل الماء الجاري الخثيت ليراكمه بشكل ترسبات . وليس هناك من دراسة جدية حول نقل مختلف المواد المعدنية . ومن الملحوظ تماماً أن فكرة النقل بواسطة المياه الجارية تتغلب بصورة واضحة على فكرة الترسب في مياه هادئة . والواقع ، ان الاطار التاريخي التسلسلي الذي فرضه «التوراة» ، يوحي بفكرة الأحداث السريعة نوعاً ما ، اما ظاهرات تراكم القشرات فقلما لفتت انتباه العلماء .

والشيء الذي سهل في القرن السادس عشر نجاح تفسير التضاريس بفعل المياه والحث والترسب ، هو بالدرجة الأولى امكانية رصد الظاهرة التي أشار اليها ليونار دا فينشي وكذلك برنار باليسي Bernard Palissy ، اضافة الى بساطتها البالغة . ويضاف الى ذلك أيضاً الجهل العام بعلم الأيدروستاتييك والجغرافيا . ويرى برنار باليسي وكثيرون غيره مستوى البحر اعلى في اغلب الأحيان من

مستوى الأرض ، إنما في وسطه فقط : «ان البحر في اطرافه محكوم ، بأمر الله حتى لا يطغى على الأرض » . ومستوى البحر الأحمر اعلى من مستوى البحر المتوسط . وهذا ممكن لأن المحيط الهندي غير مرتبط كثيراً بالأطلسي . والمياه يمكن تماماً ان تكون قد غطت الأراضي وكونت الجبال دون التساؤل الجليدي عن مصيرها فيما بعد . وأخيراً ان وجود المياه في اسكن مرتفعة من الجبال يدل عليه وجود الأصداف والمتحجرات البحرية .

مسألة المتحجرات : ان وجود المتحجرات البحرية في اراض بعيدة جداً عن البحر كانت معروفة تماماً عند الأغريق . وقد استنتج من ذلك هيرودوت وأرسطو وسترابون Strabon ان البحر كان يغمر هذه الأراضي من قبل . وهذا يعني ، منذ البداية ان هذه المتحجرات هي بقايا حيوانات بحرية . ولم يؤكد أرسطو ذلك بصورة وضعية . اما بلين Pline فافتراض أنها ربما تكون احجار صواعقية او بفعل لعب الطبيعة التي عملت على تكوين هيكلية حجرية خالصة تقليداً للكائنات الحية . والنظامان وجدنا من يدافع عنها في القرن السادس عشر . وقد دافع عن النظام الثاني مركاتي Mercate واوليفي Olivi وغيرهما ، قائلين بتدخل وحدة اعمال الطبيعة والقدرة الخلاقة لتأثيرات الكواكب . وظل النقاش مستمراً حتى القرن الثامن عشر . ولكن يبدو ان غالبية العلماء لم تردّد إطلاقاً حول نشأة المتحجرات ذات الأصل الحيواني . ومن هؤلاء كان البير Albert الكبير ، اما ليونارد دافنشي والسندرو السندري Alessandro Alessandri ، (1460-1523) ، وفرانكاستور Fracastor وجسسر Gesner ، وسيزالينو Cesalpino ، وبرنار باليسي Bernard Palissy فلم يعترضهم الشك حول هذا الموضوع . والمسألة الحقة هي الى أي حدود كانت الأرض مغطاة بالمياه في الأمكنة التي اكتشفت فيها اليوم المتحجرات البحرية . كاردان Cardan ، وغيره أدخلوا الطوفان التوراتي باعتباره التفسير الذي يتلاءم مع اقصر تاريخ للأرض وارد في سفر التكوين ، وكان الانسان منذ البداية شاهداً عليه . ولكن هذا التفسير يثير مصاعب درسها بعناية ليونارد دافنشي فقال : لو أن المتحجرات قد وضعتها الأمواج الطوفانية ، لكانت قد بعثرت في جنبات الجبال ولما كانت مجموعة كلها عند نفس المستوى قشرة فوق قشرة . مما يدل على أن ليونارد افترض ان الأصداف التي كانت تعيش في مياه البحر ، قد غطيت بصورة تدريجية بالحجم التي جلبتها الأنهار : وهذه الطريقة ظلت هذه الأصداف محاطة وميتة تحت هذا الطمي الذي ارتفع الى علو أعلى من سطح البحر في القضاء ، والان تبدو هذه الترسبات ذات ارتفاع كبير بشكل هضاب وجبال مرتفعة . ولا يبدو أن ليونارد Leonard قد رأى ان هذا يفترض ارتفاعاً في مقاعد المتحجرات او انخفاضاً في سطح البحر . الا ان هذه المشكلة ظلت مطروحة حتى القرن الثامن عشر . اما برنارد باليسي فقد كان أكثر حذراً وفضل اعتبار المتحجرات البحرية كبقايا حيوانات مياه حلوة تولدت في المكان ذاته ، وهو لم يقل بتفسير عن طريق الطوفان ، وبحكم انه أكثر احتراًمًا للتوراة من ليونارد ، لم يشأ القول مثل ليونارد بأن الناس فقدوا ذكرى الزمن حين كان البحر يغطي الكثير من البلاد . وهنا أيضاً يجعل قصر التأثيرية التوراتية المشكلة غير قابلة للحل تقريباً إلى أن جاءت أواخر القرن الثامن عشر ، ومع ذلك فمن الملحوظ ان احداً لم يفكر (باستثناء فالوبيو Fallopio) باخضاع الطوفان البيبلي للتفسير الذي قدمه أرسطو عن طوفان دوكاليون Deucalion ، الذي اعتبره

بمناسبة حادث محلي . وفي النهاية ان القول بالكارثية قلما استهوى علماء عصر النهضة .

الا ان بعض المحاولات قد جرت لمعرفة كنه البقايا المتحجرة . يقر برنارد باليسي بعض الأنواع الحالية بالبقايا المتحجرة من التوتياء البحرية وبلح البحر . ويعتبر فاييو كولونا Fabio Colona ان النوح المتحجر هي اسنان القرش . وبدون أي إثبات اعتبرت العظام المتحجرة للمعلقة التوراتيين أو التاريجيين كبقايا عزاهما القرن الثامن عشر الى فيلة اواموث mamouths . وفي سنة 1610 وسنة 1620 أثار اكتشاف بقايا عظام الملك « تيتو بوخوس Teuto bochus » نقاشاً حاداً حول هذا الموضوع . ولكن النقابة (وهي محارة متحجرة بشكل الشباب) تظل حجر الصاعقة او « اللانكوريوم » او بول اللنكس (Lynx) او الوشق (هركبير بري له عينان نفاذتان) المتحجر ، وغيره الكثير من المتحجرات تبقى الغامض من العباب الطبيعية . والاهام الأكثر إثارة في هذا المجال هو من غير شك الهام برنارد باليسي الذي لم يتردد بالتعرف ، بين المتحجرات على عدد كبير من الأنواع الزائلة « اسماك » . ضاعت بذورها ولا نعرف كيف نسميها اليوم ، الا ان طبيعتها لا يرقى اليها الشك ، لأن هذه الاشكال لا يمكن ان تتكون اطلاقاً الا اذا تشكلت من اشياء حية . الا ان جسنر Gesner بالذات لم يجرؤ على اعطاء تفسير بمثل هذا الشمول ، رغم انه قدم وصفاً دقيقاً للمتحجرات مقروناً بالصور . وذلك في كتابه « ويروم فوسيلوم . . . 1565 Rerum Fossilum »

البنايع والمياه الجارية : يبقى ان نعرف من أين تأتي هذه المياه التي يحول جريانها تضاريس الأرض . وقد عمل الجبل العام بقوانين الأيدروستاتيك وكذلك الصفة البدائية والسمحية السرية للماء الذي يعتبر في اكثر الأحيان ام كل الأشياء ، على بقاء الأفكار القديمة جداً . من المقبول القول بأن الماء ينفجر عفواً من اعماق الأرض ، وانه اليها يعود . ومثل هذا التفجر هو الذي يغذي برأي بيار بيلون Pierre Belon البحر الأسود الذي يتدفق باستمرار نحو البحر المتوسط . اما سكاليجر فيقدم تفسيراً فيزيائياً للظاهرة فالماء مضغوط في التجاويف الباطنية بفعل ثقل الأرض والصخور فينفجر نحو السطح ، اما مباشرة في باطن البحار واما في البنايع والبحيرات والعيون التي يوجد بعضها في ذرى الجبال . وهكذا يعارض سكاليجر Scaliger رأي كاردان Cardan الذي يرى ان الماء هو حصىة تنقل الهواء في باطن الأرض وعن ذلك ينتج المطر والثلج . وكان هذا هو رأي ارسطو Aristotle ويستخدمه كاردان ، مثل أرسطو ، ليفسر فيضانات النيل الدورية . فيرد سكاليجر بأنه لا توجد تلوج في الثيوبيا .

ويدون فكرة الدورة الباطنية الضخمة المنبثقة عن البحر والعائدة اليه مقبولة وممتشرة وقد قدم عنها الأب كرشر Kircher ، في منتصف القرن السابع عشر نظاماً مثالياً في رسمة فخمة فيها تحمل فرضية النار المركزية محل الضغط الذي ابتكره سكاليجر . النار تطرد الماء الى اعالي الجبال . ولكن الصعوبة كانت في معرفة السبب الذي يجعل المياه الآتية من البحر تتدفق بشكل مياه عذبة . وقد نسي سكاليجر الانهار الباطنية التي تكلم عنها ففسر ذلك بأن الأرض تلعب دور المصفاة وتحفظ بالملح البحري . وهنا أيضاً يقدم برنارد باليسي Bernard Palissy الحل الصحيح :

يتبخّر الماء من البحر ومن الأراضي الرطبة وتشكل أنواء تعود فتنزل بشكل امطار . اما الدليل على ذلك فمقبول تماماً : يعترض باليسي على فرضية مجاري المياه الباطنية التي تصعد من البحر الى الينابيع فيقول ان هذه التيارات غير محتواة ضمن قنّوة مضبوطة وعازلة ، عندها يخرج الماء من اقرب ثقب يحد . واذا اعترض عليه هو ايضاً ببلوره بأن مياه المطر بحسب نظامه ، الآتية من البحر يجب ان تكون مالحة فيجيب بمثل بحرات الملاحات : « هكذا اجد ان الأنواء المرتفعة من مياه البحار ليست مالحة . لانه اذا كانت الشمس والهواء تشلف الماء المالح من البحر لاستحال تكوين الملح . وكل هذا يتركز على واقعية فيزيائية ملحوظة خاصة وان باليسي يكون عن الماء فكرة معقدة جداً . ونضيف ان باليسي فهم جيداً ان مياه الأمطار تترشح من خلال قشرات شفافة تسريبة ثم تترسب فوق قعر صخري او صلصالي . وقد فهم ايضاً بصورة جيدة وجود المستنقع الجوفي وسبب تغير مستواه . وتلعب المياه الحارة دوراً كبيراً في العلاج الصحي في القرن السادس عشر خاصة عند الأطباء من ذوي الميول المتعصبة للكيمياء . الذين يرون ان هذه المياه تستطيع اعطاء المريض مواد مصنوعة مباشرة من قبل في مختبرات داخلية باطنية . ومن هؤلاء باراسلس Paracelse وغيره ممن لا يتمتعون الى مدرسته .

وكثرت الملاحظات والنظريات حول طبيعة المياه وتركيبها . ويوجد في بعض الأماكن من جبال الألب والبيغور Bigorre مياه ضارة ، تولد الغدة الدرقية . وقد أشار اليها بلتييه Peletier وباليسي Palissy والمقابل هناك مياه شافية ، بفضل الأجزاء التي تذيب او يفضل حرارتها ، التي يطلب البشر جميعاً ، منذ أقدم العصور - شفاه امراضهم بواسطتها - .

ويرى باليسي ان هذه المياه الحارة ، « تسخن بنار باطنية من الكبريت والفحم الحجري ، والتراب والزفت » الذي تشعله ، ربما ، شرارة تنفدح عن زحف « حجر صواني » . والقار كما يقول اغريكولا Agricola ايضاً . وكان العياديون الأوائل والأيدولوجيون يطلبون من تحليل المياه (تقطير وتركيز وتبخير وهذابة وتذويب الرواسب) معرفة سر خصائصها . وهكذا تصرفت غونتيه داندنراخ Gontier d'Andernach ، وكذلك تصرفت ليونهارد تارنيسر Leonhardt Thurneisser في كتابه بيزون Pison سنة 1572 . وكذلك ايضاً باراسلس الذي وزع الأجسام والأمراض بحسب المبادئ الثلاثة الأولى : زئبق وكبريت وملح ثم اسند الى هذه العوامل الخصائص الحرارية المائية . أما باري-Paré فهو انتقائي أكثر فميز بين الحمامات : كبريتية والمائية Alumineux وقارية ونحاسية وحديدية وروصاصية وجبسية . ومنجم الحديد هو الذي يعطي خاصيته لمياه سبا Spa . والملح المشترك هو الذي يشد مياه بعض الأبار في اللورين Lorraine في منطقة البيارن ، ولكن الزيوت والأملاح مثل الفتيرويل والكبريتات والشب قد تجعلها مضرّة (باليسي وبلتييه) .

وعمل العلم والدعاية على انشاء مراجع لهذه النتائج الصحية بقلم ميشال سافونارول Miche Savonarole (امينيوس ماندي بالي Omnibus mundi balneis بولونيا 1493) بقلم ريماكوس فوش Remachus Fuchs من لياج (استوريا امينيوم اكواروم Historia omnium aquarum

باريس (1542)، وجسner (بالنيز 1553 balneis)، وفالويو Fallopio (ترماليباس Thermalibus... البندقية 1564)، ومارتان رولان Martin Ruland (ابديتيس 1568) Hydriatice، واندريا باكشي Andria Bacci طبيب سيكست كانت Sixte Quint سي (ترميليبي Thermislibri، البندقية 1571).

واخذ الزبائن يؤمن هذه المناجع التي مهد لها الغاليون (بلومبيير Plombières ولوكتسي Luxeuil) والرومان. ويدلنا البير دورر Albert Dürer في اكس لاشايل Aix - la chapelle على السابحين وهم يخرجون من البرك على اصوات الموسيقى. واجتذبت كارلسباد Carlsbad جرحى الحرب. اما الفرنسيون في القرن السادس عشر فكانوا يذهبون الى بوغ، وآله الغاليين القديم للنباتات الصحية، بورفو Borvo ما يزال يغطي برعايته بوربون دارشو ميولت وبوربون لانسني وبوربون. وفي جنوب فرنسا توجد بالاروك Balaruc وباريج Barèges. وكان هنري الثاني في نافار Henri II de Navarre قد طلب مياه أوبون Eaux-Bonnes ان تُلئم جراحه في باقي Paviه. اما مارغريت دي نافار Marguerite de Navarre فاستحمت بمياه كوتيري Cauterets سنة 1546 - 1547. اما منتجعات أوروبا فقد وجدت في ميشال دومونتاني Michel de Montaigne زائراً مُلِحاً إما خائفاً. أما بقية النباتات الأخرى فليست إلا مجتلباً للفضولين. يقول بيلون ان الماء في بعض الأماكن يتحول الى حجر. من ذلك مثلاً نبع سان الير Saint-Allyre في كليرون والذي زاره الملك شارل التاسع وقد ذكره بلغوري في كتابه المسمى كوسموغرافي أونيفرسل (1575).

علم المعادن: ان علمانا غير مستقرين فيما يتعلق بالحدود القائمة بين الممالك الثلاثة في الطبيعة، ذلك ان سلم الكائنات يقدم لتردهم كل الانتقالات المرجوة. فهم قد دونوا في المرجع المعدني متوجات ذات افراز عضوي مثل اللآليء ورسوبات بالولوجية مثل البيوزار، وايضاً حيوانات مجهولة، وقد صنف كاسيوس Caesius بين الأحجار المرجان التي صفها انسيلوس Encelius كآثار بحرية او كنبية تجمدت. وبالنسبة الى انسيلوس ذاته يعتبر الاسفنج كائناً وسطاً نصفه حيوان ونصفه نبات. وهناك التباسات اخرى فيما يتعلق بالمجال النباتي. كالبحور والكافور اللذين يصنفها كاسيوس من بين العصائر المحددة. اما الكهرمان الأصفر وهو نوع من البطم الخارج من النباتات الخفية والمتجمد بفعل برودة ماء البحر والذي تقذفه الأمواج على الشاطئ. يقول بيلون Belon: «يجب ان لا نطمئن الى تسميات الأشياء المسماة من قبل العامة، اذا لم تكن التسمية منطقية على الأوصاف التي وضعها الاقدمون». ولكن للأسف قد تكون هذه الأوصاف في بعض الأحيان مختصرة للغاية وتكون المصادر من اشبع ما يكون تشتتاً. وهناك مصادر اغريقية ولاتينية (وقد استمد رابليه الفرنسي معلوماته حول المعادن من بيلين) وهناك مراجع عبرية وعربية مأخوذة من قانون ابن سينا او من الخيميائيين. والكلمة منقول ومدون في المراجع الوسيطة (المشكوك بامرهما) (عن لابيدير Lapidaire ارسطو باللاتينية وهو مزور) او في المجموعات الكبرى مثل مجموعة ايزيدور، وبمجموعة البير الكبير وبمجموعة فانسان دي بوفيه Vincent de Beauvais وغيرهم. وبالتالي فان هذه المراجع فيها اخطاء كبيرة في القراءة وفي الترجمة كما فيها معانٍ متناقضة.

ان التصنيف يوقع في الابهام مع اضافة الى التسميات المتنوعة : عبرانية (سردوان من سارد أي أحم) وعبرية (تينكار=بورات الصود؛ قلعية=كادمي، نالك= نالك)، وفارسي (مرب (بوراه ، عربي بوراغ = بوراكس ، لازورد = لازوليت) . هذا دون الاشارة الى الاستعارات من اللغة الاغريقية اللاتينية الكلاسيكية ذات الاستلهام الأسطوري (آيتيت) والجغرافي ؛ المورفولوجي (مورفولوجيا او علم التشكل) . . . حتى ان كلمة بازالت مشتقة من اللغة الحبشية .

ضمن هذه الخلط الصوتية من السهل الضياع . واذا ظل الشراح حاثرين ، فان كل مستعبر من الكلمات القديمة يطبقها على هواه . وكلمة بازالت ، وهو اسم أطلقه اغريكولا Agricola على الصخور السوداء البركانية ، للمشورية في منطقة الساكس Saxe ربما ليس هو الاسم المأخوذ عن بلين (Pliny) .

وبعد المشكلة اللغوية تطرح مشكلة التصنيف . فبعد التخلي عن التصنيف الأبجدي ، في نظام الاسماء اللاتينية ، عاد المعنيون الى أطر نظام المشاهدة العينية والنظام التجريبي اللذين وضعهما ارستو Aristote و تيسوفراسط Théophraste : المتحجرات ، المعتبرة من اصل ارضي ، والمعدنية ، المفترضة كذلك لانها قابلة للذوبان ، من منشأ مائي ، رسيمة عاد اليها بلين الذي يميز بين المعادن والتربة والأحجار والجواهر . واستعمل انسلويس Encelius التقسيمات الفرعية المشابهة ، وكذلك أغريكولا الذي ميز بين متحجرات ومعادن . والمتحجرات تارة تكون غير متبلرة ، لا شكل لها ، سهلة التفشت وغير متماسكة (التراب) ، ومرة متماسكة (كالصخور) ، اما ضخمة او مركزة (كالعروق والعقد) ، وطوراً متجمدة (متبلورة) او شفافة الى حد ما (اشباه المعادن ، هياطين ، والجواهر) . يضاف اليها الكبريت والأملاح .

1 - التراب : يقول بالسي Palissy ان المحصولات المسماة « تربة » هي مواد لا يمكن ان تتبخر أو تتسامى بفعل النار . ان هذه الكلمة تشمل قشرات غير متبلرة ومبتذلة ، اما منقولة ، او طرية قابلة للمرجح كالطبشور او لزجة مثل الفخار والصلصال الأبيض ، ولكن هناك صلصالات اخرى ، رملية وخزفية وشاربة مبتلعة ، هذا دون ذكر تربة لمنوس Lemnos المسماة بالمدفوعة ، والتي تعتبر ترياقية ، ثم التربة القابضة المسكة في ساموس Samos وشيو Chio ، والتربة الذروية Cimolée في جزيرة كريت ، ثم التربة اللزجة ampélitude التجميلية والقائلة لعود العرائش .

2 - الصخور الضخمة : الصخور (ساكس ، أنسلويس) ، اما ان تكون ورقية (الشيست) ، أو رملية (مثل الفريس ، ساندريستين ، أنسلويس) ، او متماسكة كثيفة ، ولكن احياناً متعلدة الصنائح (ويشير أغريكولا الى الأعمدة الباليستيكية في ميسي) ، أو زجاجية (الصوان ، ساكسوم ، كارتونوم هورنستين عند أنسلويس) .

3 - العروق والسلاسل الصخرية : ان العناصر المعدنية المختلفة : طبقات وعروق وسلاسل واخلط او متبلرة ، تعزى ، برأي أغريكولا ، الى امتلاء الحفر القديمة ، المفتوحة بفعل تقبب الجبال او

الاندفاعات والمواظل الفيزيائية : كما يفهمها بلين وتيوفراست ، والتبخرات الحارة والناشفة ، أو مستحثة كما يقول بللو Belleau « بجفاف رطب ، ورطوبة جافة ، مطبوخة تكراراً بالحرارة أو مجمدة بالبرد » .

وإثبات السبيل الرطب اللزج يقدمه لنا « انهيلر » (enhydre) الأقدمين وأغريكولا ، والحجر الباسي « لبلو » ويشدد باليبي على العنصر الأخير (التلزوج ، التخر ، التجمد) ويذكر « المياه التجمدية » التي تندفع وتيسر المواد التي كانت ذائبة في الأساس ، وهذا هو حال بلور الصخور وغيرها من الحجارة الشفافة ، كما ان الماء ينقلب الى جليد بفعل التجليد .

ومن بلور الصخر يذكر أنسيلوس Encelius ، « المشورات ذات السطوح الثلاثة أو الستة . ويذكر باليبي Palissy مربع الزوايا والأهرام والمنح ، وقد رأى على اردواز الأردن البيريت (كبريت الحديد) والملازكاميت اللماع بشكل كشتبان أو بشكل مربع » ، وفي مقال مونتر كان الجفصين يتشقق الى صفائح « رقيقة كصفائح الورق ، . . . وبصفاء الزجاج » . ولكن أحداً لم يفكر أن يجد نوعية هذه البلورات جيومترياً .

4- الأملاح : ان التمييز النوعي صعب كما سنرى . نذكر ان كلوريد الصوديوم معروف منذ القديم بشكلين : الملح البحري وملح المناجم مثل مناجم بولونيا ، بالزبورغ وستاسفورت . وقد تكلم عنه أغريكولا وباليبي كثيراً .

أما « التطرون » فهو اسم مبهم عند القدماء . ويدل عند بلين Plin على اوكسيدات ملحية مركبة ومعقدة نوعاً ما ، وفيه يسيطر كربونات الصود ، وينطبق ، كما يقول أغريكولا Agricola والدروفاندي Aldrovandi على الأملاح المترسبة في مغاورنا (نترات البوتاس) . وينطبق بيلون Belon اسم النير على التطرون (كاربونات الصود) وقد شاهد قوّزاته وتزهره بين القاهرة والقدس . وتقسياً مع الأقدمين يخلط أغريكولا التطرون مع البوراكس (تنكر ابن سينا ، كزيروسيل «وكتورم» .

5- الجوامع Les Gemmes : الكتابات عن الجوامع كثيرة . ولكن تحديد ماهياتها يبدو أحياناً صعباً . وقد أخذ رابليه Rabelais عن بلين عن المجوهرات التي كانت تزينا بهارات تلميت . وعن فضيلتهن نظم ماربود Marbode شعراً في القرن 11 . كما أن جيل كوروزت Gilles Corrozet يذكرهن في « بلازون دومستيك » (1539) ، وجان لاتاي Jean de La Taille في « بلازون دي بيار برسور » (واجهة الأحجار الكريمة) (1572) ، ورعي بللو Remy Belleau في قصيدته « أمور وايشانج دي بيار برسور » « حب وتبادل الأحجار الكريمة » (1576) . هذه الفضائل الكامنة لم تكن موضع شك . ويؤكد كامبنيلا Campanella ان المرجان (الأحمر) يتغير لونه فوق جلد محموم ، ويضيف بللو ، ان الفيروز (الأزرق) يتغير لونه ويشحب فوق جسد مريض .

6- المعادن وهندستها : اشرنا الى الدور المسند الى الكواكب في «هندسة المعادن» «métallogénie»، والمؤكد «بالسمية الحروفية الخيمائية» التي تعزو الذهب الى الشمس ، والفضة

الى القمر والرصاص الأبيض (القصدير) إلى (جويتر). المشتري والرصاص الأسود الى زحل والنحاس الى (فينوس) الزهرة ، والحديد الى (مارس) المريخ ، والفضة الحية (الزئبق) الى عطارد مرکور . ثم انه يجب التمييز والتفريق . فقد وزع باراسلس ودوشن Duchesne المعادن الى طبقتين : الكاملة مثل الذهب والفضة ، والناقصة كالحديد والنحاس والرصاص والقصدير واليها اضاف باليسي الاتيموان اذ يعتبره « بداية الرصاص والفضة » . وهذان هما ، بحسب اقوال الخيمائيين ، مشبوهان بمزيج من الكبريت والزئبق وينسب تنوع بتنوع الأجناس ، والتي يجب ابعاد الكبريت عنها حتى يعود لها كمالها .

ويرد ج اوبرت J. Aubert بأنه لا توجد معادن كاملة او غير كاملة . فكل معدن يتوفر له شكله او كماله الأول يعتبر كاملاً في ذاته وهو يمثل غطاً جوهرياً اراده الله له وليس لأحد ان يغيره .

هذه الحجة المدرسية لم تقنع لادوشن Duchesne ولا هوتمان Hotman ، في حين استمر أغريكولا في الشك بإمكانات الكريزوية (Chrysopée). وهكذا نجد انفسنا مرتدين الى العقلانية الأرسطية ، التي زكاهما البير الكبير Albert le Grand وتوما الأكويني Thomas d'Aquin ، فسعت الى اعادة تشكيل الكون في المجرد مهتمة فقط بالكميات الفيزيائية والميكانيكية في المستوى الطبيعي : الممتلئ والفارغ ، الحركة والسكون ، الصفات الأربع (الحار والبارد والرطب والجاف) المردودة الى العناصر المكونة للعالم المادي : النار ، الحرا ، الجفاف ؛ الماء : بارد ورطب ؛ الهواء : حار ورطب ؛ والأرض باردة وناشقة . وبحسب أرسطو ، تتولد المعادن من الأرض بفعل التبخرات الجافة والرطبة ، تحت تأثير الحركة ونور السماء . الا ان البير الكبير ينكر تماماً فعل البرد . ولكن ج . اوبري يعلن ان السبب الاقرب هو اما الحرارة او البرودة . والحرارة الباطنية تخرج أبخرة معدنية خاصة تتجمع في القسوخ تحت تأثير البرد والزمن ، بشكل مختلط يأخذ بالتكثف تدريجياً ، ويتصفي ويتركز اخيراً كمعدن .

لم يكن كل شيء خيالياً في هذا الكلام ، فأصحابه كانوا يفسرون الظواهر الفيزيائية والكيميائية بلغة وبلعثة تجريتهم المتلمسة . اما الأرواح عندهم فلم تكن غير الأبخرة المعدنية للنظام الغازي المتصاعد من البراكين ، أو أبخرة المياه المحيطية . قال لينبز Leibniz « ان جيل أشياء المعادن توضحه الكيمياء » في كتابه ، برومجي Protégée . ولكن الكيمياء يومها لم تكن إلا في بداياتها . أما فضيلة العصا الدلالة ، والتي ما يزال المقتشون عن الماء يستعملونها في أيامنا ، فرمما توافقت مع علم مسبق بوسائنا الاستكشافية الجيوفيزيائية . ان القوى الخفية في الطبيعة والتي كانت غير مفسرة ، ألم تعبر عن نفسها بعناد البوصلة في الإشارة الى الشمال ، وبالجذب الذي يجذبه المغناطيس في الحديد ، وفي الكهرمان والعنبر المحكوكين على الجاف وفي القش ؟

التقنيات المنجمية والزراعية - أدى استثمار المقالع والمناجم الى ازدهار أدب كامل تقني

وتعديني: في إيطاليا، صدر كتاب بيروتيكا (Pirotechnica) مؤلفه فانوكيبرينغوشيو (Vannocio Biringuccio من «سينا» 1540) .

في اسبانيا كُتِب د. بيريز دو فارغا (Perez de Varga) De re metallica 1569 ، دو فيللافينا (1572) في ألمانيا : كُتِب ليبافيوس (Libavius) ، ووير (Weiner) وماتيزيوس (Mathesius) ، المشوبة بالخمياء ؛ وكُتِب انسلويس (Encelius) (ري متاليكا) (1551) ، وكتاب لازاريوس اركر Ercker (1573) ، الذي اهتم بالتعدين والتحليل الكيميائي لاشباه المعادن . ولكن المعلم الكبير هو اغريكولا ، صاحب الكتاب العملي أولاً ، الدال على فن اكتشاف وسبر وقياس القشرات المعدنية (وهو يقول باستعمال البوصلة ، ولكنه شك في قدرة الشعة أو العصا الاستكشافية) . ولكن هذه الكتب ، الأكثر تخصصاً من مجموعات جسر (Gesner) أو الدروفاندي (Aldrovandi) ، انما باللاتينية ، موجهة للتعنين . ويجب أيضاً الاكثفات الى المقاولين البسطاء الذين كانوا بحاجة الى كتب أسهل تناولاً مكتوبة بلغتهم الوطنية . وهنا يذكر « البرغوكلين » (Bergbuchleiu) لأوغسبورغ (1505) ، المؤلف في فريبرغ من قبل أولريخ فون كالب (Ulrich von Kalbe) (كالبوس) . وهناك ترجمة أولى لكتاب (ري ميتاليكا) لأغريكولا ، ظهرت في بال سنة 1557 . أما باليسي ، فقدم بالفرنسية ، ولسبب بديهي ، نتائج أعماله ، « كمعامل في الأرض » « وكمخترع خزفيات ريفية » .

وفي أغلب الاحيان كانت المجاعة ، المنبثقة عن الحروب وعن عوامل الطبيعة ، تفاقم هم الخبز اليومي . وعكف مجدود علم الزراعة ، مع اوليفي دي سر (Olivier de Serres) على « العناية بالحقول » . فميزوا ، مثل ش. اتيان وج. ليبولت (G. Liébault et Ch. Estienne) ، بين أنواع الاراضي الصالحة لمختلف الزراعات ، وفنثوا عن الوسائل لتحسين الانتاجية . وانتظار الاستصلاح بالكلس ، كانوا يمارسون التريب الذي قال به باليسي واوليفي دي سر .

علم غير أكيد - ان علوم الارض ، كانت موزعة بين البحوث العامة حول نظام العالم ، وبين الطب والكيمياء ، وفن التعدين والزراعة ، ولهذا لم تستطع اكتشاف هدفها ولا أساليبها . ان كل تراث ، يقدم عاداته الفكرية ، والاجماع يتم بسهولة اكبر في المعتقدات غير المعقولة اكثر مما يتم من خلال المعارف الوضعية . وليس بعيداً عهد أمثال كوبولتس (Kobolts) ونيكلس (Nickles) ، الشياطين المألوفة في المناجم ، والتي يبدو ان اغريكولا قد قبل بوجودها ، ولا القول بوجود قوى خفية تعمل في المختبرات الباطنية في الطبيعة . والواقع انه وراء التيارات الرئيسية التي تصادم : أرسطية وكيميائية وفيزيائية ، ثم الاتفاق من اجل البحث عن الاسباب القائمة : فيالنسية الى كل علماء القرن السادس عشر ، كانت الطبيعة دائماً هي الابداع . وهذه القناعة اتاحت التوصل الى ملاحظات عظيمة خاصة في مجال الظواهر الفيزيائية . فبعد النظريات حول نشأة الكون (كوسموغوني) التي سادت في القرن السابع عشر ، وحتى بعد انجازات ستون Sténon ، اكتشف علماء القرن 18 باندهاش المؤلفات المنسية لبرنارد باليسي Bernard Palissy .

الفصل الثاني : الكيمياء

I - التطبيق والنظرية المورثان عن القرون الوسطى

لقد جلبت اللغة البسيطة في كتب الكيمياء ، كثيراً فضول المؤرخين أكثر مما جذبهم المضمون التقني لهذه النصوص . وعلى هذا فالكيمياء من القرون الأولى ظلت في نظر الكثيرين العلم السابجيري للكتاب الصوفيين . وتكون عنها جلود من التصورات الغامضة البعيدة كل البعد عن الظواهر المحددة التي ولدتها . وتجمعت نظرية العناصر الأساسية ونظرية المبادئ النوعية امام خرافة التطور الاستكمالي للمعادن . وغزرت المعجمية الرمزية على حساب تحليل دقيق للمعارف الكيميائية الحقبة في ذلك الزمن .

لا شك أنه لا يجدر بنا أن نلغي من تاريخ الكيمياء هذا النزوع الصوفي الروحاني الذي عاش في ظله كيميائيو القرن الخامس عشر والسادس عشر . وتأثير هذه النزعة بدا محسوس الوطأة حتى أواخر القرن الثامن عشر . ولكن ومن اجل الحصول على فكرة أكثر وضوحاً عن كيفية صيرورة الكيمياء علماً حقاً ، من اللازم ان نحاول تحديد ماهية المعارف المعينة في كل حقبة . والرسمه التي يمكن ان نضعها عن الكيمياء في منتصف القرن الخامس عشر لا تختلف كثيراً عن رسمه القرون الوسطى لان هذه المعارف ظلت تقريباً جاملة .

اكتساب المعارف عن طريق الممارسة والتطبيق - بخلاف رأي عام مقبول ، لم يكن الكيميائيون العقائديون هم الذين وضعوا الاسس الاولى للكيمياء بل التطبيقيون .

ومهما صعدنا في الزمن فلا يمكننا أن نجد حقبة لم تملك تطبيقاً راسخاً لمختلف الاساليب التقليدية . لا شك أن أول تفاعل كيميائي استحدث اصطلاحياً من قبل الناس كان التأكسد ، والثاني تحويل الاوكسيد المعدني . الا ان العديد من عمليات معالجة الاجسام العضوية كان معروفاً مثل تخمير الحليب او المستخرجات النباتية ، ومثل اعداد الخل واستعماله .

وعلى هذا ، وقبل بدء الحقبة التاريخية بزمان بعيد - كانت هناك تطبيقات بدائية لصناعة كيميائية ، موجودة . وما زالت هذه التطبيقات تتطور ، في العدد أولاً . فقد كانت التخمرات تستعمل من اجل

اعداد الاطعمة والاشربة وكان الإفساد والتعفن يساعد على استكمال تعرية جلود الحيوانات ، وفيها بعد ساعد التعفن على تعطين الخيوط النسيجية من اجل الحصول على احد اقدم المركبات الكيميائية المعروفة وهو ملح الامونياك . وكانت المعالجات التي أدت، على مهل الى وضع وسائل الكيمياء العضوية قد استعملت في بادىء الامر لاستخراج الملونات والمطورات النباتية

لا شك أن تشكيلة الملونات قد تكونت ، قبل استخدام المتوجات النباتية ، بفضل مواد شبه معدنية اخذت من الارض . إذ حتى في أيام الانسان النياندرتالي كانت كتل اوكسيد المنغنايز قد استخرجت من مواطنها وحُفَّت من أجل الحصول على مادة ملونة . وقد عثر علماء الآثار ايضاً على هياكل بشرية ملونة بالأحمر تعود الى عصر السولوتريان وإلى عصر المكدينيان مما يدل أنه منذ عصر الرنة كان استعمال الملونات شبه المعدنية معروفاً . وقد استخدمت كل هذه السلع من قبل الفنانين الذين زينوا جدران المغاور واستعملت ايضاً من قبل الصناع الذين اخذوا بعد ذلك بقليل يصبغون نسيج الالبسة . وبمقدار ما ترسخت صناعة النسيج على سطح العالم المسكون ، تعلم الناس على تمييز ثم على اخذ التربة الملونة من ارضهم ، أي أنهم اخترعوا الوسائل الاولى لفصل المركبات الطبيعية . وامتدت معارفهم ايضاً الى متوجات خارج بلدهم مثل حجر الشب الذي أصبح موضوع تجارة ناشطة . وربما كانت تجارة الملونات النباتية وشبه المعدنية ومشقتها هي التي ساعدت أكثر من غيرها على توحيد المعارف الكيميائية لدى مختلف مجتمعات السكان .

وأدت صناعات النار ، التعدين من جهة ، والسيراميك من جهة أخرى الى دراسة تركيبة اشباه المعادن والارض . ونتج عن ذلك أن المواد الاولى قد انتشرت بشكل واسع فوق سطح الارض ولم تكن القيمة التجارية لأغلب هذه المواد تكفي لتغطية نفقات النقل البعيد . فترية القصدير والزرنيق التي كانت مناجمها معروفة ومحددة كانت وحدها تشكل منذ العصور القديمة موضوع تجارة مهمة ، ومعها انتشرت في العالم المتمثل كبريتات الانيمون والزرنيخ التي ذاع صيتها بسرعة .

وكانت كبريتات المعادن من بين كل المركبات شبه المعدنية الأكثر استخداماً ودرساً حتى يمكن القول انه حتى القرن الخامس عشر كان علم الكيمياء بصورة اساسية كيمياء كبريتية .

نقل المعارف - كانت الكبريتات والاكسيد والسلفات المعدنية وبعض الاملاح القلوية والكربونات والكلورورينيرات هي الاجسام التي تعلم بها البشر بدايات الكيمياء . وتكون عبر العديد من أجيال الصناع والشغيلة تراث سرعان ما انتقل شفويّاً ، ثم ثبت كتاباً ربما في مطلع القرون الاولى من عصرنا . ووصلت النصوص ، التي اضاف اليها الشراح والجامعون والمترجمون ، الى معارف العالم الغربي ابتداءً من القرن الرابع عشر . واغلب هذه الكتب هي معالجات تقنية حول الصباغ والصياغة . وكلها تقريباً محكومة بالفكر الخيميائي حتى ولو لم تكتب باللغة الباطنية التي هي واجهة الخيمياء الصلبة . ولا تتدخل اللغة الرمزية الا في وصفات الاعمال الكبرى . وما عداها توصف الوسائل العادية للصباغة مثلاً بلغة عادية . الا ان اسلوب هذه الكتب يدمش القارئ غير الواعي

ويضلله. فالتعبير غامض بالطبع. وإذا كان المؤلف موزعاً بين الرغبة بالظهور بمظهر العالم، والخشية من افشاء اسرار تقنيته، فانه يبقى رغم ذلك اقل ضيقاً من الكيميائي الذي يحاول ان يغطي جهله بالاسرار الاسطورية وبلغة غامضة مقصودة.

ومن المفيد ان نشير الى ان استعمال الاشارات الكيميائية قلما ذهب الى ابعد من القرن الخامس عشر وانه لم ينتشر ويشيع الا على يد الكيميائيين من القرن السادس عشر الذين كتبوا باللاتينية. كان الاغريق قد استعملوا بعض اشارات مأخوذة عن الكواكب للتدليل على المعادن، الا ان العرب تركوا هذا الاسلوب الذي عاد وظهر بصورة تدريجية في مخطوطات القرن الثالث عشر والرابع عشر باللاتينية.

تدخل الكيميائيين - ما كانت الاحتياجات التقنية للصباغة وللتعدين، تكفي وحدها لجعل المعارف المكتسبة حتى القرن الخامس عشر، مجملأ مهماً. فهذه الاحتياجات، لم تكن تقتضي الا علناً محدداً من الوسائل التي لم يعمل التطور البطيء والعالم للصناعة على اكملها أو تكاثرها. واستخدام الكبريتات والاكسيد المعدني لمعالجة المعادن لم يكن ليشير الملاحظات الكثيرة حول خصائص المركبات وتفاعلاتها المتبادلة. واعداد الملونات لم يكن يحمل على التجربة العميقة التي تتجاوز عمليات الاستخراج والطحن والتركيز فيما يتعلق بالملونات النباتية. وربما أدى استعمال الأكلات الى العمل على مراقبة خصائص الشبّه. وهذا الاستعمال جعل المعالجة بالفيرتول مألوفة وجسّرت الى استحضار الحوامض حوالي القرن الثاني أو القرن 14.

وفي الواقع اذا كانت معرفة الاجسام وتفاعلاتها قد نمت في اواخر الحقبة الوسيطة فذلك لان الكيميائيين استهدفوا مقاصد أخرى غير صناعة الملونات والمعادن. انما يجدر أيضاً أن لا يعطى الحلم التقليدي في تحويل المعادن الوضعية الى ذهب تأثيراً بالغاً في عملية التنمية هذه. فالفلسفة الصوفية الروحانية حول المادة التي ترافق وصفات حجر الفلاسفة بدت متطورة خصوصاً في حقبة كانت فيها الخيمياء التقليدية قد تخلقت. وفي الواقع لم تلعب هذه الفلسفة اي دور تاريخي في صنع علم الكيمياء.

المذهبيون والصاغة - لقد كانت اكثر اهمية بكثير الاساليب الحرفية لدى المذهبيين والصاغة، اساليب تشكل جوهر الوصفات الخيمائية. فقد لعب الذهب ومزاجه دوراً عالي القيمة منذ أقدم العصور. كما دلت اسماء كثيرة على المزائج الذهبية والفضية التي كان تحضيرها مدوناً في المجمامع التي وضعها مؤلفون في القرون الوسطى. وتدل هذه الوصفات على أن هدف هذه العمليات لم يكن تحويل هذه المعادن الى ذهب، بل اعطاء المزيج المعدني المحروم من الذهب، او الذي فيه معيار قليل منه، مظهر المعدن الثمين وذلك باستعمال النحاس والكبريتات الزرنيخية والاكسيدات الملونة.

وفي مطلع العهد الاسكندري عرف الكيميائيون والصاغة عدة اساليب لتحليل الخلاط او المزائج الذهبية والمعادن المختلفة مثل الفضة والنحاس والرصاص. وكانت التنقية تُقرَن باستعمال

الكبريت ، والسلفورات المعدنية والأملاح المتنوعة. وإلى هذا التاريخ تعود أيضاً الطرق الأولى لتعويبه الذهب. وسرعان ما طورت هذه الطرق، وفي حوالي القرن السادس من عصرنا كانت مجموعة الصفات التي قرأها الكيميائيون من جيل باراسلس (Paracelse)، متكاملة، وكانت المواد الحاصلة في أغلب الأحيان من سلفورات الزرنيخ، وكانت تسميتها «تذهب» أو «تلوين بالذهب» تدل على باحث الاهتمام بها.

كيمياء التذهب = كانت مركبات الزرنيخ قد وضعت يسير في صميم هذه الكيمياء التذهيبية، بفضل عدم استقرارها الذي يجعلها سهلة التفكيك، سهلة الأعداد، فضلاً عن تنوع مظهرها بحسب ظروف تحضيرها. وكانت تعرف بأسماء متنوعة، فإلى جانب «التذهب» كانت التعابير الأكثر تداولاً: الزرنيخ الأحمر، والسندراك = (صمغ السندروس)، والزعفران، كلها تدل على سلفور أصفر أو أحمر منه يستخرج للزرنيخ المعدني. ومنذ القرن الخامس كانت مستحضرات الأكسدة بالزرنيخ معروفة. وكانت كلمة زرنيخ بالذات تدل على مستحضرات التحميص، وعلى أكسيدات الزرنيخ والأملاح. أما الزرنيخ المعدني، فقد كان يعتبر، حتى في عصر قريب نسبياً، «زئبقاً».

هذا التقريب يجب أن لا يؤول. فقط وكأنه بُسُ بين الجسمين. فبعض الأجسام قد شُهِتَ بغيرها إلى الحين الذي تم فيه عزلها وتحديد ماهيتها بشكل نهائي. وهذا هو حال الانتميان الذي لم يتحدد ماهيته إلا في أواخر القرن 14. أما الزرنيخ والزئبق، فقد تم التمييز بينهما باكراً. وتمت تسمية أحدهما بالآخر، بسبب ما بينهما من خصائص مشتركة، وبصورة خاصة، تفككية المركبات الكبريتية أو المؤكسجة من الجسمين، وسوف نعود إلى هذه النقطة. ورغم هذه الغموض في التعابير فإن كيميائي ذلك العصر كانوا يعرفون تماماً مع أي جسم يتعاملون. فقد كان التعامل يدلهم بوضوح.

وقد لعب «الزئبق» - وهو المعدن الذي نسميه بهذا الاسم اليوم - دوراً كبيراً في كل كيمياء تلونية. فقد كان معروفاً منذ العصور الرومانية، بشكله الأولي أو بحالة تربة كبريتية.

هذه التربة، السهلة التحويل، ساعدت على أعداد الزئبق المعدني، الذي أصبح صناعة عجيبة. ومنذ القرن الخامس من عصرنا، كان بالإمكان أعداد «الأحمر الزئبقي» اصطفاً - المسمى «بالقرمز» منذ تلك الحقبة - انطلاقاً من المعدن والكبريت. وقد استعمل اسم الأحمر الزئبقي (سينابر) واسم «مينيم»، في غطوطات القرون الوسطى، للدلالة على المركبات المعدنية، والسولفور أو الأكسيد، ولكن في أغلب الوقت كان من الممكن التعرف على كبريتات الزئبق.

ويُفهم من هذا كيف أن تحويلات الزئبق بدت، للمراقبين الأولين، وكأنها مفتاح بعض أسرار الطبيعة. فالتربة إذا حرقت أفرزت المعدن الذي يتقطر. وبالعكس، يتصاعد السينابر من خليط من الكبريت والزئبق بمجرد التسخين. ويتم الانتقال بهذا من مادة معدنية إلى مركب أحمر بمجرد التسخين المعتدل الطويل المدة. ويعمل التأكسد على كشف المعدن من جديد عن طريق التكلس. وقد أثارت

هذه التحولات ، تفسيرات بديعة حول طبيعة المعادن واوحت بوسائل تمكن من اعطائها الخصائص المرغوب باعطائها اياها . هذه الظاهرات التي كان من المفترض ان تستلقت انتباه الكيميائيين ، قد كشفت لهم ، من غير شك ، لا من قبل الكيميائيين ، بل من قبل منتجي المواد الملونة التي ما انفكت صناعتها تتطور .

تقنيات المزخرفين - في القرون الوسطى بحث الملونون والمزخرفون عن مواد تعطي ألواناً جميلة ، وخاصة اللونين الأزرق والذهبي . ثابتين . وكانت الحجارة المكونة من خليط من الألومنيوم والسيليكات والصودا وسلفور الصودا ، والمعروفة عالمياً باسم لايس لازولي ، كانت تستخرج من فارس ثم من الصين . ولم يكن اعداد الأزرق البحري بواسطة هذا الحجر معروفاً بأوروبا الا في مطلع القرن الخامس عشر .

كانت هناك ألوان زرقاء أخرى من السيليكات مثل الأزرق المصري الذي كان يصنع في إيطاليا منذ عشرات القرون ، او من السمالتس المكون من الكوبالت الذي تكلم عنه سينو سيني Cennino cennini في النصف الأول من القرن الخامس عشر والذي كان يستخرج من ألمانيا او من بلاد سيبان أو تستخرج من مركبات النحاس

وتدخل أسلح النحاس في عدد كبير من الوصفات التلھبية . وكان نحاس هذه المركبات ينقل بواسطة معادن أخرى تشتق من السلفور غير المستقر مثل ذلك عندما يسخن الزئبق . وبهذه الطريقة أو غيرها من أشباهها كان يمكن اظهار لون اصفر أحمر يعزى الى تكون الذهب . وربما تم هذا التنويه من قبل صناع قلبي الوجدان لزبائن بسطاء . ان المصنعات المذهبة فوق اجمل المنمنمات هي رقائق ناعمة من الذهب تلمص فوق رقائق بعد تجهيز خاص أساسه الغراء أو البيض . وكانت وصفات هذه الاصماغ تكثر في المخطوطات الوسيطية وفي كتب القرن 14 والقرن 15 ، وكانت تتجاوز مع وصفات الزينات الذهبية التي كان يستعملها النساخ والرسامون والصاغة من أجل صنع اشياء ذات قيمة متدنية ، حيث كانت أوراق الذهب تستبدل بأوراق من القصدير مدهونة بدهان من كبريتات الزرنيخ . ولم يكن الغش بعيداً عن هذا التصرف الذي سرعان ما تطور . وليس من الباطل الظن بان الحميماء قد تولدت في معظمها عن هذه الاجراءات .

الملونات شبه المعدنية والملونات النباتية - استعمل الملونون والمزبنون ، اضافة الى الألوان الزرقاء الطبيعية ، والألوان السذھبية الطبيعية ، ملونات أخرى شبه معدنية . فكانت الأصباغ الحمراء تأخذ من تربة . ملونة بأكسيد الحديد أو من بور فير سينيي Porphyre de Cennini واغريكولا Agricola والتي سميت فيما بعد باسم احمر فانديك (Van Dyck) . أما الاصباغ المسماة ايمانيت للدلالة على الملونات العادية فكانت قديمة جداً . والصلصال الاصفر هو أرض دلفاعية تتضمن أكسيد الحديد . وترتبط منطقة سيبان هي صلصال ممزوج بببواكسيد المغناييز . أما الاخضر الملاثي فهو هيدروكاربونات النحاس . والاخضر اللازوردي ، الذي ذكره أيضاً سينيي هو تربة الكوبالت مخلوطة باملاح النحاس

والحديد والزنك . أما أبيض سان جان المشهور في اواخر القرون الوسطى فهو كربونات الكلس النقية المنشفة بالشمس . أما يياض الرصاص أو السروز (اسبيدج) فقد وردت وصفة إعداده في مخطوط اشوري وهي تشبه وصفة إعداده حتى ايامنا هذه : وذلك بتعريض لوائح الرصاص الى بخار الخل في اوعية محاطة بالدخان .

وتبدو لائحة الملونات المستخرجة من النباتات طويلة مثل لائحة الملونات شبه المعدنية . والمستخرجات من قشور الاشجار مثل الجوز أو الدردار وخشب البرازيل المعروف من قبل سيني ، وجوز العفص ، وأصماغ الصنوبر والسرور والأرز ، والصمغ الأحمر المعروف منذ غشرات القرون باسم دم التنين، وأصماغ الكرز واللوز وصمغ اللك ، هذه اللائحة تتضمن مستخرجات النباتات المستعملة قديماً مثل الزعفران والنيل (الانديغو) المستوردين من البلاد الشرقية . والقوة التي نمت زراعتها في غالبية الفرنكية منذ القرن الخامس ، والباستل (المعظم) الذي كان يزرع بغزارة في بيكارديا ولاندوغ منذ القرن الثاني عشر .

أما أفضل الالوان السوداء فكانت تحضر من الفحم الطري بمختلف الاساليب : سواد دخان الزيت الكتاني لاعداد الحبر . وسواد افران الزجاج للصباغ ، وفحم الخشب السرماتني للسودات الخفيفة .

الاجسام النبيلة في الكيمياء : المعادن - ان صناعة التعدين هي من أقدم الصناعات الكيميائية . والعديد من الكلمات تدل على اشباه المعادن وعلى الاكسيد والسلفور المعدنيين ، وبعض العمليات التعدينية كان لها في اواخر القرون الوسطى تاريخ طويل . وقد شكلت المعادن اول مجموعة من الاجسام الكيميائية باعتبارها طبقة خاصة ، وربما قياساً على ذلك قامت مجموعات تتميز عن غيرها . وهكذا ظهرت نواة التصنيف للنهجي الاولي .

اعتبرت المعادن دائماً الاجسام الانبل في الكيمياء . فمنذ العصور الاغريقية ، كان هناك سبعة اعطيت اساء الكواكب . فبعد المعدنين الكاملين الذهب والفضة اللذين احتفظا بهيتهما حتى اواخر القرن الثامن عشر يأتي الحديد والزنك والقصدير والنحاس والرصاص .

اما الزنك وان لم يعرف بوضوح فقد عرف منذ زمن بعيد . وكان يستعمل بشكل اوكسيد طبيعي او اصطناعي ، باسم كلادي أو كلامين . واهم هذه الاستعمالات كان اعداد الشبهان . ويبدو انه قد عزل وحضر بشكله المعدني . وظل لمدة طويلة يعتبر حالة خاصة من معدن آخر ، وكان في اغلب الاحيان يعرف باسم الفضة الكاذبة ، اما اسمه الحديث فقد اعطى له من قبل باراسيلس Paracelse .

أما الانتيومان وكبريته يسمى متيين فكان معروفاً من أبقراط وكان يستعمل من قبل الاقدمين كمادة مثبتة ، وقد تميز بوضوح واستقلال انطلاقاً من القرن السادس عشر . وأول وصف لهذا الجسم يعزى الى باسيل فالنتين (Basile valentin) ويعود تاريخه ، خطأ بدون شك ، الى أواخر القرن الخامس

عشر. وهذا المؤلف المقترض يصف أهم مركبات الانتيمون. وهو يتكلم عن المعدن تحت اسم «حنثالة» الانتيمون، كجسم معروف قبله. أما البزموت فقد بُدِئَ بتحديد ماهيته في نفس الحقة تقريباً. وقد وصفه فالنتين واغريكولا (Agricola). ولكن نيموان. والبزموت ظلّا لفترة يلتبس بينهما وبين الرصاص أو القصدير أو اللاتين. وفي النصف الثاني من القرن السابع عشر صُفِّيا في فئة نصف المعادن مع الزنك، والزرنيخ (الارسنيك) الذي لم تحدد ماهيته الا في مطلع القرن الثامن عشر.

كيمياء الاملاح - قبل الحصول على كل هذه المعارف كانت كل الاجسام تصنف، الى جانب المعادن، ومتناقضة معها، في مجموعة الاملاح. وهذه الفئة الواسعة، غير المحددة تماماً كانت تتضمن المركبات المعروفة يومئذ والتي نصرّفها نحن باسم الاملاح مثل الاسبيدج (سيروز)، والجنزار، والاملاح القلوية والاملاح الكلسية والمركبات الزرنيخية، وكذلك الاكسيدات والسلفورات واخيراً عدد كبير من المركبات الطبيعية. ومن بين هذه المركبات الطبيعية كان بعضها يجعل تسميات عامة مثل الألونات والفيتريول والبوراكس.

وكلمة بوراكس كانت تطلق على المركبات القلوية. والملح العام كان معروفاً منذ أقدم العصور تحت اسم ملح بحري وملح منجمي، وكذلك كاربونات وسلفات الصودا والتي احياناً تسمى النatron او نترات البوتاس او السليتر المستعمل في اعداد النار اليونانية في القرن السابع. وكانت كاربونات البوتاس تستخرج معا بفسيل رماد الحشب، أما كربونات الصودا فكانت تستخرج من رماد النباتات البحرية، وأما ملح الأمونياك فكان يستعمل لتحضير كلورور الكالسيوم من الكلس. أما الكلس الحي فكان يستخدم لاعداد البوتاس. وهناك صفات تعود الى القرن العاشر من اجل اعداد وتحضير الصابون بواسطة القلي الكاوي.

وكان البوراكس معروفاً وكان استعمال اسمه يدل تماماً على انه كان قريباً من الاملاح الكاوية وكلمة بوراكس كانت تستعمل ايضاً للدلالة على هري المعادن.

اكتشاف الآسيد - كانت المواد الالونية والفيتريول تبدو منذ عدة قرون كمجموعة من الاجسام الوسيطة بين الاملاح والآسيد. ولم تكن هذه الاخيرة قد بدأت تعرف بوضوح الا في القرن السادس عشر. واتاح استعمال السلفات الطبيعية للكيميائيين وبصورة تدرجية، الاشتباه بوجود الاجسام الاسيدية، ثم اكتشاف وسيلة عزلها. وهكذا نفهم السبب في تمييز الألونات والفيتريول من الاملاح العادية، كما سبق ومنذ زمن طويل تمييز الزئبق والكبريت ونفهم أيضاً كيف أن الكينياتيين قد اضطروا الى جعلها مجموعة خاصة مفترضين، انما بدون يقين مستند الى التحليل، وجود تشابه تركيبى فيما بينها.

لقد سبق وعُضِر الآسيد النيتري في القرون الوسطى بواسطة تكليس السالتر او بعد معالجة السالتر بالفيتريول تحت وطأة الحرارة، والمركب المستقطر كان يسمى «بالماء القوي»

واعتبر بعد الخل أول أسيد معزول . وكان هذا التحضير ينبي عن قوة التفاعل الذي كان كامناً في الفيتريول وقد لوحظ في أغلب الاحيان تصاعد أبخرة اسيدية خلال تكلس هذه الاجسام . ويبدو ان تحضير الاسيد سيلفوريك (اثير أوزيت الفيتريول) انطلاقة من فيتريول مارس (سولفات الحديد) كان قد اكتشف بين القرن العاشر والقرن الثاني عشر . ولكن مؤلفي القرن الخامس عشر والسادس عشر هم الذين اوضحوا بدقة اسلوب تحضيره اما بتكليس السولفات ، واما بحرق الكبريت تحت جرس مع وجود ماء ، واما باكسدة السلفور او الكبريت بواسطة النيترات .

وبعد أن عرف الاسيد سلفوريك لم يتأخر عزل الاسيد كلوريدريك . فالاسيدان ، قد وضعهما باسيل فالنتين (Basile Valentin) المزعوم . أما الأسيد كلوريدريك ، والمسمى روح الملح ، فقد حضر بتكليس الملح البحري .

مفهوم الروح - ان كلمة روح تدل على تطاير الجسم المحضر بفعل زيت الفيتريول المسكوب على ملح الطعام . وقد اعتمدت هذه التسمية بالمقارنة مع الاجسام المتبخرة المعروفة منذ زمن بعيد والتي كان كتاب عصر النهضة وكتاب القرون الوسطى يصنفونها على حدة .

وفي الادب الكيميائي الذي ظل سائداً حتى اواخر القرن السابع عشر وضعت الارواح (= اثير) في مقابل الاجسام المحددة الجامعة ، مثل الاملاح والمعادن . ولكن إذا كان كتاب القرون الوسطى يدلون بالكلمة على اجسام خاصة تماماً ، يسهل التفاهم على تحديد ماهيتها ، فان الكلمة ارتدت مدلولاً اوسع ابتداءً من القرن 15 . فالزئبق والكبريت والزرنيخ كانت يَوْمِثُ تعتبر كارواح أو أثير ، ومن بينها ملح الامونياك واسيد كلوريدريك . وسميت المواد المتطايرة المستخرجة من المملكة العضوية ايضاً باسم « اثير او روح » مثل : الارواح العطرية ، ثم الاكتشاف المدهش للكحول ، في القرون الوسطى [هذا تقصير بحق العلم ان لا يقال ان الكحول اسماً وتحضيراً قد اخذ عن الكيمياء العربية (الترجمة)] ، هذه الكحول التي ظلت لمدة طويلة تسمى ماء الحياة أو (الإكسير) هي الحياة المديدة ، قبل ان تصبح في اواخر القرن 16 روح العنب⁽¹⁾ . وظلت كلمة « كحول » تدل لمدة طويلة على البؤذرة الناعمة . ولم تطبق بشكل عام على منتج التقطير العنبي الا في بداية القرن التاسع عشر [نكرر اسفنا للاغفال المتعمد لاي ذكر للمصدر الحقيقي : لقد عالج القرآن الحَمُور وحرهما كبسكرات منذ زمن بعيد بما يدل على انها كانت معروفة] .

وأصبحت مجموعة الاثيرات كبيرة بمقدار ما ظلت كلمة زئبق ، وزرنيخ ، وكبريت ، طيلة حقبة من الزمن ، تسميات عامة سبق ان فسرنا مدى اتساعها . وبعض كتب القرون الوسطى عدت اربع اثيرات اساسية . اما تلك التي ذكرناها سابقاً ، اضافة الى ملح الامونياك لان الاسيد كلوريدريك لم يكن معروفاً حتى ذلك الحين ، فلم تكن هذه تدل على الاجسام المادية فقط بل ايضاً على الخصائص التي تعطيها بمفعولها او التي تلاحظ في اجسام اخرى . وهذه الاستعمالات الاخيرة ارتدت

(1) راجع المجلد I ، القسم الثالث ، الفصل 8

أهمية متزايدة لدى المؤلفين في القرنين الخامس عشر والسادس عشر الذين وضعوا نوعاً من النظرية حول المادة تركزت بأن واحد على الاثيرات وعلى العناصر الاربعة وميزاتها الذاتية، الموزونة عن الفلاسفة الاغريق .

وهذه النظرية لم تتوقف عن التكامل وبلغت ذروتها مع ما يسمى بنظام (الذهب) الشهير .

التمزعة الى الوحدة العقائدية - أصر المؤلفون الحديثون في أغلب الاحيان ، وعلى خطأ ؛ على عدم تماسك التصورات عند الكيميائيين القدامى . فقد خدعهم اللسان الباطني الذي ازدهر بشكل خاص في القرن الخامس عشر الى بداية القرن السابع عشر ، فلم يستطيعوا التعرف الى ان هذه العقائد لم تكن في الواقع الا الاستثمار المنطقي لنتيجة ملاحظات دقيقة ومنظمة .

وقد حاول الكيميائيون القداماء ، مثل الكيميائيين الحديثين ، ان يكونوا نظرية أو فلسفة في المادة مستخدمين المعارف المكتسبة بفعل درس الخصائص الفيزيائية والعضوية والكيميائية للمواد التي عرفوا كيف يتدبرونها . وقد عبروا عن هذه النظرية بواسطة اللغة المتاحة لهم .

وحوالي منتصف القرن الخامس عشر كانت هذه المعارف قد رتبت نوعاً ما لتصلح كأساس لمنهجية ، ربما تكون بدائية ، الا ان مبادئها ظلت تستعمل حتى الاصلاح الذي حصل في اواخر القرن الثامن عشر . أما فلسفة المادة فانها سوف تركز ، ولمدة طويلة ايضاً على وجود العناصر الاربعة : الارض الماء الهواء والنار ، اضافة الى المبادئ الاربعة وهي الحر والبرد والجفاف والرطوبة . وقد استبعد من هذه المقاربات المزوجة بشكل متغير اجتماع المتناقضات مثل النار والبرد والماء والجفاف . وخلقت هذه التجمعات الاثيرات بحسب طبيعتها ونسبها أما الاثيرات المجمعة فيها بينها فقد ولدت بدورها المعادن السبعة .

وهناك العديد من البدائل لهذه الرسمية النظرية ، يمكن استخراجها من أدب القرون الوسطى والعصور اللاحقة . وهذه البدائل لها بذاتها معنى لانها ثمرة خيالات متنوعة سعياً وراء التفسيرات الأكثر ارضاءً من التفسيرات التي تقدمت صياغتها . ويجب ان لا ننسى كذلك ان الذين يكتبون يشتهون ان يكونوا علماء اعلم من خصومهم ، او بما هم حقيقة ، ولان الحقيقة الدوغماتيكية لا تمكن مناقشتها فقد بدا كافي التأكيد بقوة اكبر واكثر على حقيقة جديدة من اجل اعطائها صفة دوغماتيكية . ولكن بين الحقائق التي قال بها كل الكيميائيين كان هناك فرق قليل .

وقد استمرت هذه الصفة في الكيمياء النظرية حتى بلغ نظام «السائل المحرق» ذروة ازدهاره . وتبدو النزاعات بين الكيميائيين من القرن 16 و 17 حول مسائل نظرية ، عارية من المعنى لانه يصعب علينا تتبع رهاقتها . والحقيقة ان الحقائق الكبرى المقبولة لم تتطور طيلة ثلاثة قرون . وحتى في القرن 15 لم تكن هذه المسائل جديدة . وهذا لا يستبعد واقعة ولادة مفاهيم واسعة ثم غوها بحفظ مختلفة خلال هذه الحقبة . ونحن لا نستطيع اللحاق بمراحلها الا اذا استطعنا قياس تقدم

المعارف التطبيقية . ومن الملحوظ أن النموذج المثالي للنظرية الكيميائية للمادة أُتسم بالجمود خلال هذه الحقبة حيث كانت معرفة خصائص المواد تتزايد بشكل ضخم . وربما كان السبب في ذلك أن النظرية لم تكن ذات تأثير البتة على البحث . ولم يكن اكتشاف أحداث جديدة إلا نتيجة فضول مهني أو اهتمام مجرد، يتم بصورة عملية . وكانت التطلعات العلمية في الكيمياء تترجم خاصة بشكل جهد من أجل تكيف العبارة والمنهج وفقاً لمعارف لكل حقبة ، وكانت هذه التطلعات تترك جانباً النظريات الأساسية المتعلقة بالمادة إذ لم يكن قد جاء شيء بعد لِيُثَبِّتَ عدم كفايتها . من ذلك أن التراث الاوسطى الذي كان يجد جذوره في الفكر الاغريقي القديم ، قد اعتمد بدون مناقشة من قبل الكيميائيين في الأزمنة الحديثة . هذه الامانة للنظريات التقليدية تتيح فهم الصعوبات التي اصطلح بها لافوازييه (La voisier) لجعل مفاهيمه مقبولة .

II - نهضة الاكتشاف الكيميائي

وقامت حركة بحوث واكتشافات ابتداء من القرن 15 بعد شبه الجمود الذي أصاب الكيمياء في العصور السابقة ، وانطلقت هذه الحركة بصورة بطيئة بمقدار ما أخذ يظهر تأثير بعض الظروف بشكل أكثر عمومية .

تكاثر وانتشار الكتب الكيميائية - من أسباب هذه اليقظة كان انتشار ادب الكيمياء والكيمياء طيلة القرنين او القرون الثلاثة السابقة . وأصبحت مؤلفات الجامعين أكثر عدداً ابتداء من القرن 13 تقريباً . وكان فانسان دي بوفيه ، (Vincent de Beauvais) والبير الكبير (Albert le Grand) وارنولد ديفلنلف (Arnaud de Villeneuve) وروجر بيكون (Roger Bacon) هم المؤلفون الأكثر شهرة الذين كشفوا عن مجمل المعارف التي وصلت اليهم . الا ان العديد من الكتاب الاقل شهرة تركوا تدوينات ومقتطفات من مخطوطات قديمة ، غالباً ما كانت مغفلة ، تعود الى مؤلفين من الشرق ، وكذلك مجموعات وصفات شخصية او مدونة بحسب ما تقتضيه الصدف . وكانت غالبية هذه المجموعات غير مخصصة للكيمياء فقط ، فقد كانت تتضمن تدوينات حول كل المسائل التقنية التي يمكن ان تثير اهتمام المحرر بحسب اختصاصه او سعة اهتمامه . وقد سبق واشرنا الى كتاب الفن للمؤلف مسنينو مسيني Cennino Cennini 1437 . وأشهر الكتابات في اواخر تلك الحقبة كانت دفساتر ليونارد دافنشي (Léonard de Vinci) ، وكانت قليلة الانتشار ولم تكن تحتوي الا على القليل من الملاحظات المتعلقة بالكيمياء . ولكن الامر لم يكن كذلك بالنسبة الى مخطوطات اخرى كان البعض منها قد نسخ وانتشر بكثرة . وبصورة خاصة اصبح الكيميائيون أكثر عدداً وكتب الكيمياء أكثر انتشاراً بحيث نقلت مجمل المعارف الكيميائية او القسم الأكبر منها كما زاد عددها . هذا الادب استطاع بسهولة اكبر أن يصل الى اولئك الذين كانوا تواقين الى المعرفة . وذلك بفضل توسع شبكات التجارة التي كانت تغطي كل بلاد اوروبا الغربية وتربطها بالبلدان الشمالية وياوروبا الشرقية وبالشرق الاوسط . وكان تزايد النشاط التجاري مرتبطاً بتوسع

النشاط التقني وبصورة خاصة بتوسع الصناعة النسيجية وقريتها الصباغة ، وكذلك بتوسع استثمار المناجم والتعدين .

العوامل التقنية والتجارية في تقدم الكيمياء - لم تضعف أهمية الصباغة بالنسبة الى تقدم الممارسة الكيميائية ، حتى عصرنا الحاضر . وقد ظلت هذه التقنية حتى اواخر القرن 18 للصناعة الكيميائية الوحيدة المهمة نوعاً ما ، وأهم من صناعة المتفجرات . وغير اكتشاف مقالع مهمة من الشب في ايطاليا الى تغير ظروف انتاجها وتجارتها في القرن 15 . كانت الشب حتى ذلك الحين تستورد من الشرق على يد اهالي البندقية واهالي جنوى ، ثم اصبحت متوجاً اقل كلفة وزاد استعمالها ، في البلدان الشمالية . فقد اجتنب ظهور النسيج الفلمنكي وازدهاره محلي المواد الملونة المستوردة من الشرق ومن جنوب اوروبا ، الى البلدان الشمالية . وطور ظهور الصناعة النسيجية في بريطانيا هذه المبادلات . وازداد التبادل عبر الاطلسي وحل بصورة جزئية محل الطرق التجارية الكبرى في القرون الوسطى . وكانت هذه الطرق تمر عبر شمبانيا ، وإذا كانت للمواد الملونة قد انتقلت بيسر اكبر فان الطرق البحرية اتاحت ايضاً نقل تربة المعادن والمعادن ذات القيمة التجارية الاقل كلفة . وبالفعل ، وإلى حد ما ، شاهدت هذه الحقبة ايضاً ازدهاراً للصناعة المعدنية ولتجارة منتجاتها . لا شك انه منذ القرن 12 ، و13 اصبحت المعادن المنتجة في بلاد الالب الشرقية ، وربما منتجات بلاد السويد ، ترسل الى مرافئ البحر المتوسط بطرق البر عبر الفلاندر وشمبانيا او عبر وادي نهر الرين ووادي نهر الدانوب . وعبر البحر كانت سفن بلاد الهانس التوتونية تنقل نحو الغرب نحاس بلاد الهارز وحديد هنتغاريا والسويد في حين كان الفلمنكيون واهل جنوى يجلبون القصدير من انكلترا . وكان السكان الفريزون والساكسون يتاجرون بالرماس الانكليزي في اسواق اوروبا الغربية منذ القرن العاشر . وكان التوتيا والنحاس من وادي نهر اللوز قد انتشرا في اوروبا . ولكن حجم كل هذه التجارة ظل ضعيفاً بالنسبة الى حجم المواد الثمينة وبصورة خاصة المواد الملونة والنحاسية .

تأثير التعدين - في القرن 15 تَزَخَّم استثمار مناجم بوهيميا والتيرول . وارتدى التعدين في المانيا الجنوبية أهمية جديدة . وكذلك كان حال حديد السويد ، ونحاسها ونحاس روسيا وبولونيا ، وحال التوتيا في انكلترا . هذا مع إغفال الكلام عن مكامن التربة المعدنية المتنوعة التي بدأ استثمارها على كل القارة ، إلا أنه لم يرد إلا أهمية محلية .

وكان لتجديد الصناعة التعدينية تأثير ضخم على تقدم الكيمياء . وطورت المعادنة اساليبها ودرست تربة المعادن والمعادن ومركباتها بانتباه اكبر . وتزايدت بمعدل المعارف بسرعة ، ولعب في هذا التقدم المعدنون والتقنيون في مناجم المانيا ، في القرن 16 و17 دوراً مهماً .

وتعتبر غزارة الأدب المتعلق باستثمار المناجم دليلاً على تزايد هذا النشاط في القرن 16 . ان كتاب جورج بوير (Georg Bauer) ، المسَمَّى أغريكولا ، «ري ميتاليكا» (De re metallica) المنشور سنة 1556 ، أعيد طبعه عدة مرات . ووضع كثيرٌ من المؤلفين الألمان ، في نفس الحقبة ، كتباً تقنية احتل

فيها استثمار المعادن المكان الاكبر . وفي ايطاليا واسبانيا نشرت كتب مماثلة في القرن 16⁽¹⁾ .

مثل هذا الاهتمام بانتاج باطن الارض جعل فضول الكيميائيين يتركز بالدرجة الاولى على جبل المعادن . وهذا ما حصل : كانت كيمياء باراسلس (Paracelse) ولاحقه مركزة بصورة اساسية على مناقشة هذه المشكلة وعلى الاستقصاءات التي اثارها .

شخصية باراسلس وتعليمه - كان فيليب اوربول تيوفرست بومباست فون هوهنيم ، المعروف بلقب باراسلس ، اشهر كيميائي تلك الحقبة ، وحتى اذا كانت كفاءاته قد ضخمت من قبل تلاميذه ويبلغ فيها ، ولكن يجب الاعتراف ، بأنه أثر ، اكثر من أي شخص غيره ، في البحث وفي الفكر الكيميائيين طيلة اكثر من قرن . ولد سنة 1493 ومات سنة 1541 ، وهو ينتمي الى النصف الاول من القرن 16 . كان باراسلس Paracelse ما يزال قريباً من التراث الوسيط ، وقد بذل جهداً فعالاً ليتخلص من المعتقدات الموروثة في تلك الحقبة . ولكنه لم يتوصل الى ذلك ، رغم بعض الحركات الاستعراضية ، ورغم بعض خشونة الألفاظ . كان صوفياً أكثر مما كان مؤمناً ، وكان مسزولاً الى حد بعيد عن استمرارية التصورات اللاعقلانية التي ظلت طويلاً تطبع فلسفة المادة . ومع ذلك فقد فتح سبل التقدم واسعة أمام الكيمياء .

وقد نمجد انحاء فكره بالتأثيرات التي خضع لها اثناء مراهقته . كان والده طبيباً واستاذاً في مدرسة المناجم في فيلاش كارانتي . واشتغل لفترة في المناجم وجمع معارف كيميائية مهمة في مجال التعدين . وقام بدراسات في الطب وهو ينتقل من جامعة الى اخرى ، واحتفظ الى حد ما بهذه العادة التجوالية طيلة حياته . وهناك اسطورة تكونت في حياته ، مفادها انه زار بلاداً بعيدة [كبلدان الشرق : الشرق الادنى والاقصى وايران والصين] وهذا امر غير ثابت . وبخلال رحلاته حاول ان يتصل بالخيميائيين والمنجمين ، والتصوفين اليهود واعضاء الجمعيات السرية . وتعلم منهم وصفات متعددة والاعيب خفة اليد ، واسراراً في الطب استفاد منها . كما اكتسب لغتهم الخاصة واساليب تفكيرهم مما جعل كتاباته غامضة .

ولما عين استاذاً للطب في بال سنة 1526 ، افتتح فيها تعليماً حماسياً وهجومياً ضد معتقدات الطب المدرسي [الذي كان باشراف الكنيسة] . وعملت بعض استطبائاته المدهشة ، التي نجحت بفضل استعمال أدوية يدخل فيها الأفيون والمركبات شبه المعدنية على ذبوع صيته وشهرته . ومات باكراً في ظروف غامضة . ونشرت غالبية كتبه بعد موته .

وأدى تنكره للمعتقدات الموروثة الى التجريب المباشر . ولم يكن الوقت مناسباً للقيام بوضع منهج تجريبي اكيد ، فضلاً عن ان معتقدات باراسلس الخاصة كانت تخفي عنه أسس مثل هذا المنهج . الا انه حين دعا تلامذته الى رفض الكتابات التقليدية والى مراقبة الطبيعة بأنفسهم ، والى التجريب

(1) أنظر حول هذا الموضوع البحث ص 127 .

الجريء ، ساعد على اعطاء الكيمياء زخماً لم يضعف بعد ابداً . والفائدة التاريخية من تعليمه تقوم على انه وضع في أساس هذا التعليم دراسة المعادن والمركبات شبه المعدنية ، بهدف مزدوج : تبرير نظريته عن طبيعة المواد المعدنية ثم ادخال استعمال الادوية المستخرجة من مملكة المعادن في الممارسة الطبية .

وفينا يتعلق بالنقطة الاولى ، فتح باراسلس سلسلة طويلة من البحوث استمرت وتثبتت الى حين قيام لافوازييه بأعماله . وهذه الاستمرارية كان لها النتائج الاعمق على تطور الكيمياء ، طيلة قرنين من الزمن ولم تكن نتائج تطبيق المعارف الكيميائية على إعداد الادوية اقل اهمية . فظهور الكيمياء الطبية ، انتزع الكيمياء من الخيميائيين ليضعها بين يدي الاطباء . وهكذا اعطت الكيمياء الطبية الى الكيمياء المخبرية ، تطبيقاً عملياً لم تعرفه من قبل . وجعلت منها نشاطاً مجزياً واعادت له جهازاً بشرياً جديداً . وعلى خطى باراسلس سار الاطباء والمعدنون الذين توصلوا الى وضع الاسس التي امكن بناء علم الكيمياء عليها في القرن 18 .

الاكتمالية الطبيعية في المعادن - أن فكرة الاكتمالية في المعادن استمرت عند باراسلس لان التجربة لم تكذب امتياز الذهب كما أن الفضة تتمتع أيضاً ببعض الامتياز ولكن هذه الفكرة قد اصحابها بعض التغيير . فبالنسبة الى الكيميائيين من القرون الوسطى ويصوره خاصة الخيميائيين ، يمكن تسريع العملية بل والتسبب بها بواسطة البراعة المصطنعة في الكيمياء . والمشكلة الوحيدة هي العثور على سر العمليات الفعالة ، وهذا السر موجود . والآثار تذكر أن البعض امتلكه . وفي غمرة الكلام والكتابات أصبحت المشكلة هي العثور على الأثر كما لو يمكن البحث عنه في سر الكور أو المبيق .

ويفضل باراسلس تخلي الكيميائيون عن هذا الامل الخادع . ان تطور المعادن نحو حالة عدم الكمال هو شأن من شؤون الطبيعة ويتم هذا التطور في الاعماق الغامضة من باطن الارض اما التأثيرات الكونية والقوى الخفية التي تعمل عملها في القشرات المعدنية فهي وحدها القادرة على احداث هذا التطور . اما البشر فليس بإمكانهم ان يطمحوا الى تحقيق هذا العمل العظيم بأنفسهم . إنما بإمكانهم فقط ان يستخرجوا الجزء الذي سبق وتحول ، من المعادن التي تخفيها المظاهر الفجة من الاجزاء الاخرى . انما للتوصل الى هذا الامر يجب التمتع بلباقة عظيمة . توجد وسائل عزل وفصل تقوم على طرق عنيفة . هذه الوسائل يجب ان تستعمل بحذر . وربما يكون اختيار العينة التي عليها تجري المعالجة هو العملية الأكثر دقة . واذا كانت المعطيات الكونية غير مؤاتية فان نسبة المعدن المتغير قد تكون جزئية في النموذج المعتمد بحيث لا ترى .

وعندما تُستكمل الازمة ينتفي التمايز بين مختلف المعادن التي تصل كلها الى حالة الذهب في منتهى المطاف . والانسان ، من اجل احتياجاته اليومية يستخدم المعادن كما هي عند استخراجها من المنجم . يقول غلووير (Glauber) وهو يشرح باراسلس فيما بعد : « لم يكن قصد الطبيعة ، ان يعنى الحديد حديداً بل ان ينتقل الى حالة الكمال الذهبية . ولكن قلة صبر المعدنين لم تسمح له بالتوصل الى هذه الحالة . فهم لم ينتظروا الحديد كي يتوصل الى مقام الذهب . ولذا استخدم في الاستعمالات القائمة » .

ولما كان الذهب هو المعدن الكامل ، والفضة قريبة منه نوعاً ، فلا يبدو أن باراسلس وخلفاءه قد اعتمدوا تصنيفاً دقيقاً بالنسبة الى المعادن الخمسة الأخرى .

والفضة والانتيموان يتمتعان بسمعة واضحة . ثم يأتي النحاس والرصاص تالين ، وبعدهما الحديد ، الذي يعتبر الأخشن : والمظهر المعدني يبدو أحد السمات الأكثر تقدراً بعد عدم الصدأ . أما الزئبق فظل يتمتع بسمعة خاصة .

ثم انه يجب أن لا ننسى ان هذا التصنيف لا دخل له في النوعية التعبدية التي يستخرجها المعدن ، بل هو يقتصر فقط على المعدن المثالي الذي لا تدركه الحواس العادية . والواقع ، ان عينة من معدن عادي هي خليط يخفي فيه المعدن الأخشن معادن اكمل منه . وكل التجارب التي يوقعها الكيميائي هذه العينة : أكسدة ، تنويب ، تحطيم بالعوامل المهرية ، او التذويب بالقلويات ، او الكبريتة او التحويل بالاملاح وبالاوكسيدات ، او الخلط ، ليس لها هدف الا تفحص هذه المعادن الكاملة الموجودة في المعادن المبشلة . وبواسطة هذه الاساليب يسعى الكيميائي الى تركيز المعادن الاجمل ، وبخاصة الذهب ، ثم استخراج هذا الاخير من المجموعة المعدنية التي تغمره .

وأدب القرن 16 و17 مملوء بمثل هذه الوصفات ، ولكن وصف هذه الاساليب غامض عن قصد . اذ كان المؤلفون يخافون من اخذهم بالذنب ، ذنب القرطعة ، ولهذا كان الوصف مبتوراً . فبعد بداية مفهوم تماماً ، يلوذ المؤلف بالمجازات والعميمات التي توسي بان الآباء والأذكيا لا يحتاجون الى شروط اضافية . اما الآخرون ، فهم دائماً اما حساد واما اشرار مستعدون للبوخ باسرار الاخوة وتشويه أشد الحقائق احتراماً . والكيميائيون ، وقد علمتهم التجربة الشخصية الحذر ، لم يعودوا يعلنون عن رغبتهم في الوصول الى فصل الذهب الخالص الموجود في الحديد مثلاً . وافضل النتائج التي يمكن التوصل اليها ، على ما يبدو ، هو تركيز الذهب الكامن في منجم داخل « متوجات رأسية من فصل مجزأ (Les Produits de tête d'une séparation fractionnée) » بحسب اللغة الدارجة .

هذه النظرية حول المعادن قد أثارت بحوث خلفاء باراسلس ، من اجل التثبت من هذه المادة النهائية ، هذه المادة الكاملة الموجودة في كل مكان وفي كل مكان مخبأة . وقد ألقت العمليات العديدة الجارية على المعادن ومزكبتها ، بين الكيميائيين والظاهرات التي ظلت لمدة طويلة سيرة التفسير ، والتي اعطت فيها بعد مفتاح النظام الكيميائي العصري : انه بصورة خاصة تأكسد المعادن بالتكلس في الهواء الحر وتفكك الاوكسيدات .

مفهوم المبدأ ، النظرية العلمية - وهناك نتيجة اخرى لهذا التيار الاستقصائي ، وهي اعطاء ركيزة اكبر لمفهوم المبدأ . لقد تغيرت كثيراً الفكرة التي كونها كيميائيو القرن 16 و17 ، حول « الجوهر » (Quintessence) الباراسلسي بين كاتب وآخر . ومفهوم « الجوهر » بالذات لم يعد حكراً فقط على كيمياء المعادن . فالعامل النهائي اصبح عاملاً شاملاً استطاع البعض ترقبه وحياه بعض

الكيميائيين من القرن 18 في « اللاهوب » (Phlogistique).

وقد ساعد باراسلس بنفسه على اعطاء مظهر النظرية العلمية لمفهوم المبدأ. فهو يرفض اسماً العناصر الاربعة الاساسية ، لانها تشكل جزءاً من التعليم المدرسي، لم يذهب الى حد التخلي عن المفهوم بالذات. انه رفض اعتبارها كعناصر غير قابلة للتلف ، ولكنه احتفظ في اساس نظريته بأربعة مبادئ بعيدة هي الصفات القديمة الأولية: البرد والجفاف والحرارة والرطوبة. وهي تبدو في الواقع نوعاً من التسوية بين هذه الصفات والعناصر الاربعة : ماء، ارض، هواء، نار. وبدت هذه التسوية ، غير الواضحة ، مختلفة الوجة في الخطاهات المعقدة لشرح باراسلس ، الذين لم يظهر عليهم انهم فهموا تماماً التمييز او التضيق الدقيق، حالهم في ذلك كحال الكاتب العصري. والى جانب الميزات الأولية افصح باراسلس مكاناً خاصاً لخمس مبادئ قريبة هي الزئبق والكبريت والملح والكحول ، وبخلاصة التقطير. والمبادئ الثلاثة الاولى هي المبادئ الاساسية او الفاعلة اما الاثنان الاخيران فسليليان ، وهما قابلان للتلف. وتدل التجربة بهذا الشأن ان الكحول (flegme) والرأس (الميت) او بقية التقطير يمكن ان يتحولا بفعل عوامل مشتركة متنوعة.

والمبادئ الثلاثة الاولى يصعب تعريفها. ويمكن ان نحفظ من خطابات باراسلس والمعلقين عليه ما يلي : تشكل المبادئ باتحاد الصفات الاساسية بنسب متنوعة. فالزئبق يتوافق مع المركب الذي تسيطر فيه الرطوبة اما الكبريت فيتوافق مع المركب الذي تسيطر فيه الحرارة، اما الملح فيتوافق حيث يسيطر الجفاف. ولا يبدو ان البرد يمكن ان يسيطر في مركب من الصفات لان باراسلس لم يترف له بمبدأ. مقابل. ثم انه يجب ان نفهم انه نظراً للاختلاف الكبير في نسب الصفات ، في كل مبدأ ، بالامكان وجود كميات من الكبريت والزئبق والملح. ومع الآخرين، ابي الكحول وبقية التقطير، والذين كثيراً ما اهملوا في الشروح ، رغم ورود ذكرهما في التعداد الاساسي، تشكل العناصر الثلاثة الاولى كل الاجسام التي تدخل هذه العناصر فيها بنسب متنوعة.

الجوهر - يستكمل باراسلس نظرية المادة بمفهوم الجوهر او العنصر الخامس والذي ينتج عن الصفات الاربعة الاساسية مجتمعة. يقول باراسلس : « الجوهر هو مادة يمكن ان تستخرج من كل الاشياء التي تتجهها الطبيعة والتي تتمتع بالحياة ذاتياً. ومثل هذه المادة رقيقة جداً ويجب تنقيتها الى اعل الدرجات وتنظيفها من كل العناصر غير النقية والتافهة التي تحيط بها. وهذا الفصل يَبْقِي هذا الجوهر ضمن طبيعته التي لا تقبل الفساد ».

فهل هذا الجوهر مبدأ شامل ؟ يقول باراسلس (Paracelse) انه والزئبق نفس الشيء ثم يتكلم فيما بعد عن جوهر كل معدن ما عدا المعادن الوضعية.

« ان جوهر الذهب مثلاً مأخوذ من الطبيعة الرطبة للماء. وجوهر زحل (الرصاص) يتعلق بالارض الباردة والجافة. وجوهر الفضة البيضاء يتعلق بصفات الهواء الذي هو بذاته ليس الا تكتيفاً للهواء في احشاء الارض وله رهاقة قصوى ».

تأثير باراسلس - في هذه الاسطر القليلة يعود باراسلس رغباً عنه الى مفهوم العناصر الاربعة عند الفلاسفة الاغريق، ووضع خلفاؤه من بعده هذه العناصر في رأس كل تفسير للمادة . وهكذا يتكون لدينا للمجمل النظري الذي سوف تعيش الكيمياء عليه طيلة قرنين ونصف القرن . ومساهمة باراسلس الأصلية ليست ضخمة . فالفاهيم التي منهجها كانت موجودة في الكتابات السابقة لعصره ، الا انه جعل منها هيكله عقيدة بدت لمعاصريه متماسكة . ونجاح افكاره لا يعزى الى وضوح تعليمه بل الى شخصية باراسلس نفسه .

فعالية ادومته ثم علاقاته مع اهل العلوم الخفية ، وميله الى الشرب ، ونزواته جعلت منه شخصاً كثر الجدل حوله . والهجوم الذي تعرض له في حياته ولدة طويلة بعد ماته ساعد على ذبوع صيته مثل المذائح التي كاله لا انتصاره . فهو لاء دافعوا عنه بحماس يعادل انتقاد النقاد له . والكيميائيون توقفوا عن رد الهجمات عليه ، وتخلوا عن تعاليمه الطبية السرية تاركينها للكيميائيين المتأخرين وللمنجمين وغيرهم . من الاشخاص المشكوك بهم . ولكن نظريات الدكتور الملهم حفظت في كتب الكيمياء ، بحكم العادة ، وظلت هذه الكتب مطبوعة بعمق ، بالثرث الى حين نشر كتاب لافوازييه (Lavoisier) . وفي عصرنا يصعب تصور كاتب استطاع أن يهيمن طيلة قرنين وأكثر .

وفي اواخر القرن السادس عشر كان كل العلم تراثياً . ولكن بعد مئة سنة انتهت هذه الامانة للاقدمين في غالبية المجالات وقيمت الكيمياء العلم التقليدي الاخير . ولم تحل تعاليم العصريين محل تعاليم الاقدمين بل تراكمت فوقها .

باسيل فالانتين - (Basile Valentin) اذا كان اسم باراسلس قد شاع فوق كل الادب الكيميائي في القرن 16 و17 ، الا انه لم يكن الوحيد الذي يذكره مؤلفو كتب الكيمياء كسند لمعلوماتهم .

فمن بين معاصري باراسلس الذين قرئوا وذكروا من قبل خلفائهم ، يذكر شخص مفترض ان اسمه باسيل فالانتين وهو اول من كتب بحثاً متخصصاً بالانتيموان . وقد حدد زمنه إما في القرن 15 او في القرن 16 . ويبدو انه من الثابت اليوم ان هذا الشخص لم يوجد على الاطلاق ، وان الكتابات التي نشرت باسمه حوالي 1600 هي من صنع أحد أنصار باراسلس المجهولين ؛ وهذا لا يعني أكثر من نقل مشكلة شخصية هذا المؤلف من شخص الى شخص . ويبدو أنه مثل غلص للكيمياء السحرية وقد نشر له فيها باللاتينية والألمانية والفرنسية كتاب اسمه مفاتيح الفلسفة الاثني عشر . أما المعارف الايجابية التي جمعها فكلها في كتابه عربية الانتيموان المظفرة (= الإثم) .

دروس عملية : برنار باليسي Bernard Pallissy - يمكن ان نقارن وجه فالانتين بصورة برنار باليسي (1510 ؟ 1589) الذي ينتمي بكامله الى القرن 16 . لم يقدم باليسي معارف جديدة مهمة جداً . فقد كان صانع فخار وسيراميك . وكان يمتلك اسلوباً في الملاحظة اعطي فيها بعد كمشل ، في

زمن لم يكن الكيميائيون يعرفون فيه كيف يعملون وكيف يكتبون إلا بالتقيد بمعتقدات ضيقة ، غثيشين وراء سلطة كتاب مقدسين ؛ قام باليسي كفكر حر . ولم يتوقف فضوله على اشياء معقدة مثل تركيب المادة البعيد ، وإن هو تكلم عن المادة فأنما ضمن مذهب اللأدرية وانكار ان العمل العظيم قد اكتمل او يمكن ان يكتمل يوماً ما . ولكنه عندما يبحث في تفسير الظواهر الملحوظة مباشرة ، ثم يصفها ، مثل تغذية النبات ومثل خصائص الاملاح والاحجار والصلصال واللدنم ، فإنه يتميز بحس سليم ويفرسة قليلاً نجد لها مثيلاً في ذلك العصر . وهو لم ينشر الا كتابين . الكتاب الرئيسي عنوانه «خطابات مدهشة حول طبيعة المياه والنباتات الطبيعية والاصطناعية ، وحول المعادن والاملاح واشباهها والاحجار والتربة والنار والطلاء» (الميتا) 1580 ، وهذا الكتاب هو حصيلة محاضرات قدمها في اواخر حياته امام جمهور مختار لكي يثبت صحة معارفه . ولم يتكلم باليسي الا عن مواضيع يعرفها بحكم الخبرة الطويلة .

ولم يحدث هذا الرجل، ذو الشخصية التي تحملنا على التفكير بشخصية ليوناردا فينشي Leonardo de Vinci ؛ انما من غير ضغل ، لم يحدث اي تأثير في عصره الا انه يبدو لنا كممثل لفئة من العمال والممارسين لم تنعود على حسن التعبير عن نفسها ، انما تميزت بنشاطها العظيم لان معارف الكيميائيين الوضعية لم تنفك تتزايد بانتظام بفضلها .

الفصل الثالث :

دراسة الجسم البشري

I - التشريح

الثورة التشريحية - في ذات السنة التي ظهر فيها كتاب كوبرنيك Copernic حول النظام الشمسي، طبع كتاب « الجسم البشري... » De Humani corporis fabrica (بال 1543) لمؤلفه اندره فيزال André Vésale، الذي ثور معارف الانسان حول تركيبة جسمه بالذات . وهكذا ظهرت نظرة جديدة بذات الوقت على العالم الكبير [الكون] والعالم الصغير [الانسان] .

ويسمى مؤرخون كثيرون ، وخاصة م . روث (M.Roth) وهـ . ي سيجريست (H.E.Sigerist) ان الطب الغربي مرتكز بصورة اساسية على التشريح وان الفكر التشريحي ، بالمعنى الحديث للعبارة ، بدأ ، وبشكل مفاجئ نوعاً ما ، مع عمل فيزال . وبالتالي مثل نصف القرن 16 قطعاً حاسماً في تاريخ العلوم الطبية ، وفجر عصر جديد . وفي التقريب الاولي ، يبدو هذا الزعم سهل التبرير : انه يتضمن ولا شك نواة حقيقة انما يجب ان لا يقبل بدون نوع من التحفظ . ان الفكر التشريحي يقوم على الجهد الرامي الى قصر كل المظاهر الفيزيولوجية والباثولوجية على مورفولوجية داخلية جسمية ، وعلى علاقات بنوية معروضة ومدروسة بفضل التشريح . لا شك ان الدور التاريخي لهذا المفهوم المهم ، وفوق ذلك النموذجي ، لتجسد الطب الاوربي ، يستحق اعطائه مركز الشرف في كل دراسة نقدية حول نهضة العلوم العصرية . ولكن علينا ان نحلل ان نرى في التشريح - سواء كان جامداً أم حياً ، طبيعياً أم مرضياً (باثولوجيا) - الأساس الوحيد للطب العلمي . وهناك عوامل اخرى تدخل في المجال ، وربما يفسر هذا لنا لماذا لم تكن نهضة الطب الحقة - في نظرنا - فعل القرن 15 ، بل فعل حقبة لاحقة متأخرة .

ونحفظ آخر : اذا كان فيزال قد ضرب الضربة الاولى الحاسمة والقاطعة لنظام غاليلان ، فليس يقل عن ذلك حقيقة ، ان ضربته لم تكن الاولى ولا كانت الثورة الاولى في البناء العربي الغالياني . ويميل المؤرخين الى بلورة الاحداث حول بعض الشخصيات الفريدة غالباً ما تلقى في ظل فيزال - انتاجات سابقه ، وتوشك ان تنسى بان الثورة الفيزيائية تمثل ، ليس فقط ، بداية مرحلة جديدة ، بل

تبدو أكثر من ذلك وكأنها نتيجة تيار عام تيار الفكر العلمي. وحدثت نهضة أولى في التشريح ، خلال القرن 16، والخلاف بين الملاحظة التشريحية ، والكتابات الغالبانية لوحظ من قِبَل كثير من المشرحين في النصف الأول من القرن السادس عشر . إنما يجب الاعتراف لفيزال بموقع تاريخي مميز . وكما عبر عن ذلك بنجاح ومنذ زمن بعيد كارت سبرنجل Kurt Sprengel :

« الحقيقة ان المشرحين الذين عاشوا قبل فيزال حققوا اكتشافات عديدة ومفيدة ، ووصفوا من بعض النواحي الطبيعة كما هي لا كما وصفها غاليلان . ولكنهم جميعاً اعتبروا دحض اقوال هذا المعلم الكبير الذي يصعب الوصول الى مستواه ، جرأة مخيفة ، وكانت مثل هذه الظروف غير ملائمة لتقدم علم التشريح ، وبالفعل ظل هذا العلم ذابلاً حتى الحقبة التي كسر فيها فيزال الخالد المعتقدات القديمة وأوصى بالملاحظة الدقيقة للطبيعة وكأنها الدراسة الأكثر أهمية والأكثر لزوماً » .

التشريح التعليمي ومسألة التراث الغالياني - سبق ان ادخل التشريح البشري في التعليم الجامعي خلال القرن 14 وبخاصة في ايطاليا . وقدم موندينو دي لوزي (Mondino dei Luzzi)، الاستاذ في بولونيا المثل الاوضح عن هذا النشاط التشريحي (1316). ولكن يجب ان لا يغيب عن نظرنا ان موندينو امر بالتشريح التعليمي : وهو لم يكن يزعم انه يكتشف بنيات غير معروفة حتى زمنه ، ولكنه اراد فقط ان يثبت بالملاحظة العينية تعليم غاليلان . كما انه كان بعيداً عن امتلاك معرفة النصوص الحقة عن معلم برعام⁽¹⁾ (Pergame). وعلم موندينو غاليانية من مصدر عربي ، اقل منزلة من مجمل المعرفة التشريحية المأخوذة عن الاغريق الاقدمين . ورغم ان موندينو شرح بنفسه الاعضاء التناسلية لامرأتين ، فقد وصف الرحم وكأن فيه 7 طبقات ، وهذا خطأ لم ينسب الى غاليلان (كما ميز خطأ ايضاً بين تمهوفين رحيمين) بل في شراحه الوسيطيين ، وبعد عدة سنوات من كتابة اناتوميا لموندينو قام عالم في البلاط الملكي في نابولي وهو نقولا دو بريسيو (Nicolas de Deoprepio) من مقاطعة ريجينو دي كالابري (Reggio de calabre) بترجم مباشرة من الاغريقية الى اللاتينية كتاب (Usus u Partium) « حول الجسم البشري » . وهو كتاب اساسي في التشريح الفيزيولوجي الغالياني . اما كتاب « غاليلان » الذي وضعه موندينو فلم يكن الا نصاً مزوراً عن غاليلان « جوفامنتيس » ، وهو مقتطف فاسد من كتاب (ايزوس بارسيوم) . وارسل نقولا نسخة من ترجمته الى غي دي شولياك (Guy de Chauliac) واستخدمها هذا الأخير ، بصورة واسعة لكي يكتب القسم التشريحي من كتابه « شيرورجيا ماغنا » (Chirurgia magna) . واقر غي (Guy) بقيمة مصادره القديمة المفتحة ، ولكنه لم يكن على استعداد كاف لفهم الرسالة الاساسية في التشريح الكلاسيكي . وعلى كل وبفضل كتابه حول المشرحين في مونبليه ، وبصورة اعم حول الجراحين في القرن 15 و 16 قام تراث صحيح من التشريح الغالياني افضل من التشريح الذي نقله موندينو ، وذلك في الكتابات الجراحية خاصة في فرنسا والمانيا .

وتم تجديد التشريح خلال مرحلتين تراكبتا تاريخياً . فتحت مظلة الانسنة ، تمت العودة الى

(1) مدينة غاليلان .

المصادر الادبية للعصور القديمة ، وتمّ احياؤها باكثر ما يمكن من الامانة ، ثم في مرحلة ثانية ، حكمت بالفكر العام السائد في نهضة العلوم والفنون ، تثبت الجميع « بان العودة الى النبايع القديمة لم تحدث الا تغييراً في العبودية » (ب . ديلاوني) P.Delaunay . وحطمت الاطر الكلاسيكية في المحاولة من اجل الوصول المباشر الى الطبيعة كمصدر اسمي للمعرفة . وكانت في البداية انتقاد نغل المعارف ثم انتقاد المعارف بالذات .

وفي سنة 1490 ظهر الى الوجود في البندقية الطبعة الاولى ، من ترجمة لاتينية ، صحيحة في خطوطها الكبرى ، لبحوث غاليلان التشريحية ملحقة ، في سنة 1525 بنشرة الاصل الاغريقي .

وبصورة تدريجية ، تم بخلال القرن 16 تنقية التعابير التشريحية واستبدلت التعابير ذات الاصل العربي مثل (صفاق ، زربوس وميراش) بكلمات اغريقية الاصل او لاتينية الاصل . اما المسائل ذات المظاهر اللغوية الخالصة فكانت موضوع نقاش تشريحي طيلة الثلثين الاولين من القرن 16 . ولكن الحماس الزائد والخاص دل على ان المسألة لم تكن مسألة تعابير : فقد كان هناك التناقض بين الملاحظات التشريحية الكلاسيكية والوسيطية .

وكان على رأس هذا الخط من التشريحيين الانسانيين الساندرو بنيسلي (Alessandro Benedetti) الذي امتاز بمعرفته للاغريقية وباحتقاره للكتب التشريحية العربية اللاتينية . ومعه بدأت شهرة المدرسة التشريحية في بادو ، حيث أسس أول مختبر تشريحي دائم . ونقل توماس ليناك (Thom. mas Linacre) ، وكان تلميذاً في بادو قبل ان يصبح طبيب هنري الثامن ومؤسس كلية الاطباء ، الى انكلترا هذا التشريح ذا الاتجاه الفيلولوجي اللغوي . واقام سلفيوس (Sylvius) وغوثيه داندرناخ (Gonthier d'Andernach) في باريس مركزاً محترماً .

ليونارد دا فينشي ومهيده - لا يمكن ان تغفل العمل التشريحي الذي قام به ليونارد دا فينشي ، رغم ان هذه العبقريّة ذات الموارد المتعددة تستعصى على كل تصنيف ، وان بحوثه التشريحية ، مهما كانت رائعة ، تقع على هامش النمو التاريخي لهذا الفرع من العلم . فقد شرح ليونارد بفناية اثناء ثلاثة مراحل في حياته : (في ميلاتوجوالي 1490 ، وفي فلورنسا بين 1503 و1506 ، ثم في ميلان بين 1510 و1511 ، وكانت هذه المرة الاخيرة بالتعاون مع الطبيب مارك انتوان ديلا توري (Marc Antonio della Torre)) توسداً لأقواله بالذات شرح ليونارد حوالي ثلاثين جثة ، ابتداء من الجنين الى العجوز المثوي ، وكان يريد وضع كتاب كبير حول التشريح او انسيكلوبيديا حول الانسان ، ولكنه بقي في المرحلة الاعدادية لها : آلاف الرسومات ومئات الملاحظات . ولكن اي غنى ، واي اكتشافات . في عالم ليونارد يتحد الجمال مع الحقيقة وكذلك النظرية مع التطبيق . ان معارفه بالعلم الرسمي كانت ضيقة ، ولكنه في مجال التشريح لم يكن سابقاً ؟ .

بالنسبة لليونارد كانت الرسوم التشريحية وسيلة لدراسة الوظائف الحيوية . ولا يسعنا إلا أن ندهش امام تفوق تقنيته : تشريحات بالتسلسل ، تشريحات بأعجيات عديدة ، قبولية الفجوات بالشع ، استبدال العضلات بأسلاك من أجل إبراز طريقة تحرك الهيكل العظمي بصورة أفضل ، الخ . بنجاح كبير طبق

في مجال البحث التشريحي طرق مهندسي البناء الإيطاليين . كما أن لائحة اكتشافاته مذهشة : لن نحاول تعدادها هنا ، لأنها بقيت مجهولة من قبل مشرّحي القرنين السادس عشر والسابع عشر .

التيار الطبيعى المغالي في إيطاليا - خلال القرن 15 و خلال العقود الأولى من القرن 16 ، كان التشريح التعليمي والتشريح التمحيصي للجثث قضائياً ، مطبقين في عدة مدن إيطالية . وكانت الأسبقية تعود الى بولونيا والى بادو والى البندقية . وازدهرت مراكز أكثر تواضعاً للبحوث التشريحية في فلورنسا ويزا أوفرار وبيروس وجنوى وغيرها . وكان الأطباء الطلاب يأتونها من كل أنحاء أوروبا . وإذا كان التعليم العملي للتشريح البشري لم ينل الإجازة الرسمية الا على يد 'البابا كليمان 7' (من سنة 1523 الى سنة 1534 م) ، فان السلطات العلمانية والكهنوتية في إيطاليا قد سمحت به واحياناً شجعت ، قبل قرن على الأقل .

وظل كتاب موندينو (Mondino) ، المتوفر من خلال نصف دزينة من الطبعات البندائية ، ثم المعاد طبعه حوالي 20 مرة بخلال القرن السادس عشر ، ظل هذا الكتاب ولمدة طويلة الكتاب المدرسي الاميز . وحتى من اجل نشر بعض الاكتشافات التشريحية وبعض الأفكار الاصلية ظل المشروحون في النصف الاول من القرن السادس عشر يفضلون ابراز هذه الاكتشافات بشكل تعليق على موندينو . وظلّ توجه الطب توجهاً فيزيولوجياً وباثولوجياً مزاجياً عاجزاً عن الاستفادة من لنعلم التقليدي ، فكل ذلك تعارض مع تقدم التشريح بسرعة . إلا أن التعارض أو التناقض بين نص موندينو وعقيدة غاليلان « الحقبة » ثم الملاحظات الشخصية التي أبداه المشروحون بدا بصورة جلية في « كتاب تشريح الجسم البشري » (البندقية ، 1502) لغبريال زربي وظهر الخلاف بين التراث والمتطلبات الجديدة للبحث العلمي بشكل خفي . فمن جهة أكد زاربي (Zerbi) ان الذي يريد معرفة أعمال الطبيعة يجب أن لا يثق بالنصوص التشريحية بل عليه أن يراقب الطبيعة كما تبدو لعينه ، ولكنه من جهة أخرى ، يقبل كحقيقة أكيدة عملياً كل التأكيدات الغاليلية .

في مؤلفات جاكوب بيرنغارو دي كاري (Jacopo Berengario de Carpi) (كومتاريا سوبر اناتوميا ، Commentaria Super anatomia Mundini) ، 1521 ، ثم (إيزاغوجا بريني Isagogae breves ، 1522) ثم كتب الكسندر آشيليني Alessandro Achillini (انوناسيون اناتوميكا . . . 1522) وكتب نيقولا ماسا Nicolo Massa (أناتوميا . . . 1536) في هذه الكتب سادت تفاعلية تحررية فكرية كما تم رفض سيطرة غاليلان . وكانت هذه التفاعلية تعمل بشكل غير ظاهر تماماً إلا أنها كانت قوية بحيث يمتنع معها الرجوع الى الوراء .

الى آشيليني ، وكان استاذاً في بولونيا وبادو ، يعود الفضل في وصف المطرقة والسندان في الاذن الوسطى ، واكتشاف القناة السمعية اليوم بقناة وارنون ، ثم ملاحظة ان القناة الصفراوية تنصب في اول المصران الرفيع ، وكذلك بعض المعلومات الجديدة حول معرفة الدماغ .

ووصف الاستاذ في الجراحة من بولونيا الإيطالية برنغارو (Berengario) لأول مرة الزائدة

الدودية ، والتموس (غدة في العنق) والجيب السفينودي (الاسفني) وطيلة الاذن والغضروف الارتنودية . وكان يعرف ان الرحم يحتوي على تجويف واحد غير مقسوم لا الى سبعة ولا الى منطقتين . وكان يقول ان على المشرح ان يفضل التشرية على قراءة الكتب . وكان برنغاريو رجلاً حذراً قلماً عارض غالباً بشكل مباشر ، وإن هو فعل فإنه يتراجع حالاً ، ظاهرياً على الأقل . مثلاً ، بشأن تشابك الاوعية الدموية الواقعة في أسفل دماغ بعض الحيوانات انما غير الموجودة عند الانسان ؛ يقول برنغاريو ببساطة : هذه الشبكة لم ارها أبداً . ولكنه بعد أن محامها بجملة واحدة ونفى وجودها . يعود فيصف هذا التشكل الخيالي كما هو وارد في الكتب التثريمية التقليدية . وفي سنة 1561 قال فالوب (Fallope) ان برنغاريو هو بدون شك اول مجدد في فن التشرية المكتمل بعد فيزال . قد يبدو هذا الحكم سرفاً ولكنه يتطابق مع الواقعة القائلة بأن برنغاريو ، مع بقائه من دعاة التشرية الغالياني ، ظهر وكأنه قادر على انجاز اكتشافات مهمة بواسطة التجربة الشخصية .

وفي البحث عن ما يسميه « ماسا » من البندقية : حقائق الحواس (سانسافافيرتا) في مقابل حقائق الكتب ، تم تحقيق خطوة جديدة على يد جان باتيست كانانو (Gian Battista Canano) فقد اعد هذا المشرح الفراري خارطة تشرية جميلة (موسكيلوروم هوماني كوربوريس . . 1541) وفيها ، بما يقارب ثلث النص يرفض تعليم غاليلان والمؤلفين الوسيطين ويتجاوزهم . واكتشف كاتانو صبايات الورد (1546) دون ان يستطيع تفسيرها بشكل صحيح .

المدرسة التشرية في باريس - وبالمقابل في فرنسا حصلت بقطة الدراسات التشرية في مونبليه . ولكن خلال النصف الاول من القرن 16 ، اصبحت باريس المركز الذي لا ينزاع بفضل تعليم جاك ديبوا (Jacques Debois) الملقب به سلفيوس (Dit Sylvius) وجان غونتيه داندرناخ (Jean Gonthier d'Andernach) . وكانا معاً خبيرين في الفيلولوجيا الكلاسيكية ومدافعين عن الغاليانية .

وكان عدد تلامذتها ونوعيتهم ملفتاً (فقد كان بينهم فيزال Vésale ، واتيان Estienne ، زفاسي Vassé ، وسرفيتو Serveto) . وبعد نشر كتاب فيزال والهجوم العنيف من سلفيوس Sylvius ، اصبحت المعلم والتلميذ عدوين لدودين . فقد هزا فيزال من طريقة سلفيوس في تعليم التشرية . رغم ان بعض اتهاماته تكلمها شهادة نويل دي فاي Noël de Fail الدقيقة .

ورغم ان درس سلفيوس غاليلاني الطابع بشكل اكيد فهو لم يكن كتيباً كما يقال عادة . فقد احل محل التبيان السليبي للاحتشاء ، التشرية العملي لكل الاعضاء ولكل الاطراف . وقد ساعد سلفيوس بشكل حاسم في وضع معجمية تشرية واضحة ودقيقة . كما انه كان في اساس دراسة الجيوب الدماغية بواسطة تقطيعات طولية وعرضية ، نشرها واذاعها تلميذه دريندر Dryander ، واستغلها فيزال . وحسن في تقنية الدوق التثريمي . وكان الاول على الأقل ، الذي اشار الى هذه التقنية في كتاب مطبوع .

لا شك ان سيلفيوس بمعارضته للإصلاح الذي قام به فيزال قد لعب دوراً سلبياً في تطور علم التشريح . وكان عماء المعتقدي ، قد حمله - حتى ولو امام واقعة نُخْر نسيجي (موت نسيج حي) لا ينطبق مع الوصف الذي قدمه غاليلان - على ان يفضل ان يرى في هذه الواقعة تحلّفاً في النوع البشري حتى لا يقول بخطأ العالم الاغريقي .

وفي سنة 1535 نشر الطبيب الإسباني اندريه لاغونا (Andrés Laguna) في باريس كتاباً في التشريح يتضمن اول وصف حقيقي لصمام في المحي اللففي الاعوري . وفي سنة 1539 حضر شارل اتيان (Charles Estienne) وهو عضو في جمعية الناشرين الباريسيين الشهيرة ، حضر بالتعاون مع الجراح اتيان دي لاريفير كتاباً تشريحياً مصوراً . ولكن للأسف قامت دعوى بين المؤلفين فاخترت نشر الكتاب حتى سنة 1545 . وهكذا سبق كتاب فيزال كتاب اتيان . وبالطبع كان كتاب الطب للطبيب والناشر الباريسي مكتوباً باللغة اللاتينية . ولكن اتيان بعد 1546 ترجمه الى الفرنسية بنفسه : « تشريح اجزاء الجسم البشري . » ولكن الآراء حول قيمة هذا الكتاب كانت مختلفة . ولكن من المؤكد ان اتيان كان ضد التقبل الاعمي للتشريح الغالياني . وقد اكتشف عدة اكتشافات مهمة وان كانت في نظر معاصريه غير مقدرة . مثلاً عرف اتيان الثقوب التي يمر منها الغذاء الى العظم ، وميز بوضوح بين العصب الحبي (سمباتيك) والعصب الرئوي - المعوي ، كما اعطى اول وصف مرضي للغضروف المفصلي في المفصل الصدغي الحنكي وكذلك في الرباط العظمي الدائري الكعبري (الزند الاعلى) .

كما رسم انتفاخات النخاع الشوكي ، و اشار لأول مرة الى وجود قناة الى غشاء جوف الدماغ من النخاع الشوكي كما لحظ وجود السائل الدماغى الفقري . ولاحظ اتيان ، مثل كانانو Canano الصمامات الوريدية دون ان يعرف اهميتها .

علم الايقنة (نسبة الى ايقونة) التشريحي - لقد وعى انسان عصر النهضة الكرامة المثل للانسان وظرفه البشري . وكان يعتقد انه سيد الطبيعة ، وذلك ، ليس فقط بسبب مكانته في النظام الديني ، بل ، وبشكل خاص ، بفضل قواه الذاتية ، ورغبته في التحكم . ان « الانثروبوستريس » أي الإيمان بان الانسان هو محور الكون ، الفلسفية والجمالية ، وقد اصبحت موقفاً مترسخاً ومعلناً ، جعلت الحكمة الدلقة : « اعرف نفسك بنفسك » حاضرة حضوراً ملحاً ، حتى في معناها الاكثر حرفية : المعرفة الفيزيائية للجسم البشري . هذا الجسم الذي - كما يقول المشرح ماسالسا Massa - هو الشهادة الاعظم على كمال الطبيعة . ان نظرة الرسامين مأخوذة بالعاري . وهذه النظرة تريد اختراق الجلد الى ما تحته . ولم يكن ليونارد دافينشي الوحيد بين الفنانين الذين اهتموا بالتشريح ، رغم ان احداً لم يُشرَحْ بمثل كفاءته : فيروشيرو Verrocchio ، ميكيل انج Michel - Ange ، دورر Durer ، منتغنال Mantegna ، وروسو Rosso ، وآخرون كثيرون من المشهورين يمكن ذكرهم هنا . واذا كان

نشاطهم قد حصل دون ان يس البحث العلمي، فقد كان له، مع ذلك، تأثير عميق على هذا البحث.

وعند الفصل بين القرن 15 والقرن 16 حلت المطبعة محل الايقنة (ايكونوغرافي) القديمة والوسيطية، دون ان تحدث تغيرات اساسية. وكانت الكتب الاولى المزينة بصور بشرية ترتدي طابعا تشريحيًا مثل كتاب (فاسيكول مديسينا) (Fasciculus medicinae) للمؤلف جوهان دي كيثام (Johannes de Ketham) (البنديقية 1491) ثم كتب ج. بيليج (J. Peyligk 1499). وج. دي سبار (J. Despars 1500) وم. هوندت (M. Hundt 1501)، ثم ج. ريش (G. Reisch 1503) هذه الكتب تضمنت خشبًا محفورًا رخيصًا وساذجًا في مظهره. في هذه الرسوم عالج الفنان لغة ايقونية لم تعد لغتنا. ان هذه الزيولوجرافية (الحفر على الخشب)، وهي تعيد ابراز نماذج كرسها العرف وارتبطت بمخططات تشريحية قديمة، لم تهدف إلى تحقيق صورة امينة للواقع. بل حققت رسيمات وايديوغرامات (رمز فكرة) لاعضاء يمثل فيها كل تفصيل قيمة رمزية.

وفي سنة 1518، زين الطبيب الالماني لورانس فريز (فريزن) (Lorenz Fries (Phryesen) كتابه: سبيغل در ارزني (Spiegel der Artzny)، برسوم تشريحية بدلت، من حيث مضمونها العلمي، قليلة الدقة كحال رسوم مغنوس هوندت (Magnus Hundt 1501)، ومع ذلك تبدلنا اكثر ملاءمة. وهذا الاحساس يبدو ابرز في مواجهة لوائح جاكوبو برنغارو (Jacopo Berengario 1522)، حيث يبرز للعيان استبدال -تناقص- للرمزية في المحفورات الوسيطية بتقنية حديثة للرسم التشريحي. وبدت ايكونوغرافية شارل إتيان (Charles Estienne) اكثر غنى، وان لم تكن افضل دائماً. فقد كانت تشكو من صراع بين نهجين، إذ وُجدت رسوم بدائية ذات طابع تقني محشورة داخل تأليف فنان دقيق يتلذذ بدراسة مختلف اوضاع الجسم البشري تلذذاً مادياً.

يبلغ الفن الجديد كماله في اطلس كاناتو (Canano 1541)، وفيه بدت الرسيمات (زيولوجرافيا) وكأنها تتراجع امام المحفورات على النحاس، كما في كتاب فيزال (Vésale) الضخم، 1543. وكانت الصور المتحركة، تظهر العضلات والعظام في حالة العمل، وكانت اخاذة في جمالها الاستثنائي. ولكن القيمة الفنية كانت تغطي احياناً على بعض الإعوجاجات. ولم يتحقق التثبت من ان الشورة الايقونية، أو الانتقال من الرمزية إلى الواقعية، لم تقتصر تماماً بتقديم المعلومات التشريحية، إلا بعد مقارنة النص بالصورة. والتحليل الاستطراحي من قبل العلماء كان يأتي بعد التجربة الحسية التي يقوم بها الفنانون اكثر مما كان يسبقها.

فيزال (Vésale) - تبرز حياة اندريه فيزال (André Vésale) (اندري فان ويزل Andries Van Wesel) الاسم اللاتيني بحسب العرف الانساني المغربي الى اندريا فيزالوس Andreas Vesalius) . الصفة الدولية للنشاطات الطبية في القرن 16. كان فيزال من اصل جرمانى. ولد سنة

1514 في بروكسل حيث كان أبوه صيدلي الامبراطور. وتلقى فيزال ثقافة ممتازة كلاسيكية في مدينته التي ولد فيها ثم في لوفان، وبعدها درس الطب في باريس ولوفان وبادو. وفي هذه المدينة الأخيرة، وبين 1537 و1543، علم التشريح بنجاح كبير وحضر لعمله العظيم. وبعدها ترك البحث ومهنة التعليم ليصبح طبيباً خاصاً عند شارل-كانت (Charles-Quint) ثم عند فيليب الثاني. ورافق فيزال الامبراطور في حملاته واكتسب معارف ممتازة في الجراحة. وعاش في بروكسل ثم في اسبانيا ومات سنة 1564 فوق الجزيرة اليونانية زانتي اثناء عودته من حج الى الارض المقدسة. واذا كان بالامكان الكلام عن اعجوبة فيزالية بسبب الظهور المفاجيء لتقنية عليا في التشريح ثم لتمثيل شبه كامل للاشكال التشريحية فيجب الاعتراف بأن هذا العمل يرتبط بممارسات مدرسة بادو، كما استفاد من التوجه الطبيعى للتلوين الايطالي.

والى حين وصول فيزال الى بادو كان يعاني من المصاعب في الحصول على الجثث، ومع الأسف، لم تكن اسطورة حكاية أنه سرق من المقابر، ومن المشائق في باريس وفي لوفان جثث الاموات حتى يدرس هيكلها.

وفي كتابه تابولا اناتوميكا، الذي أهد ونشر سنة 1538، من قبل جان اتيان كالكار (Jean Etienne Calcar) أحد تلامذة تيتيان (Titien)، انستيتيوسون اناتوميكا الذي وضعه غوثييه داندنراخ (Gonthier d'Andernach)، وكان فيزال في ذلك الوقت تلميذاً من تلامذة غاليليان (Galien). وتحت تأثير معلميه الباريسيين تجاوز فيزال الخطوة الأولى خطوة العودة إلى المراجع الاصلية الاغريقية ولكنه لم يمتز الخطوة الثانية أي العودة إلى الطبيعة بالذات. وكان يعلم أن غاليليان لم يكن معصوماً من الخطأ، فكان يرى أن النظام الغاليليان في مجمله هو نظام لا شائبة عليه، يكفي فيه تصحيح بعض التفصيلات. من ذلك مثلاً، أنه في لوحاته، صحح الوصف الكلاسيكي للساكروم (العجز) والفك (الذي كان يعتقد أنه مملوح في وسطه) ووصف البروستات. وفي باريس سبق له أن اكتشف المصب الحقيقي للوريد الكبير الجامع [بين الوريدين الأجوئين]، وأثناء اقامته في لوفان، وأثناء تشريحه لجثة امرأة شابة، شاهد لأول مرة في تاريخ العلوم، الجسم الاصفر المبيض. وكانت الستان 1539 و1540 المنعطف الخامس في حياته. ففي الوسط الليبرالي في بادو، ولأول مرة حصل فيزال على وسائل كافية للتشريح.

وأثناء محاضراته في جامعة بولونية (ايطالية) حيث دعي إليها في كانون الثاني 1540، ليقدم دروساً في التشريح، اطلق تحدياً حقاً ضد التشريح الغاليليان. هذه الواقعة كشفت عنها حديثاً بعد نشر مذكرات التلميذ الألماني ب. هسلر (B. Heselr) الذي كان يحضر محاضرات فيزال. لقد رفض فيزال، وهو يدعو الى اعتماد سلطة التشريح فقط، القول بأن الكبد تتضمن خمسة تجويفات وانتقد أيضاً آراء أخرى للغاليليان.

وطلبت دار النشر البندقية (دي جانت) ان يقدم ترجمة جديدة لاتينية للكتب التشريحية العائدة لعلم برغام Pergame. وعاد فيزال الى المخطوطات الاغريقية وفهم ان غاليلان لم يُشْرَح على الاطلاق جثثاً بشرية ، بل انه طبق على تشريح الانسان الملاحظات الحاصلة من جراء تشريح الحيوانات . واثبت ان علم العظام الغاليلاني يعود الى القرد لا الى الانسان .

واذاً لا بد من اعادة صنع كل التشريح البشري من جديد . انه مشروع جريء وضخم ولكن فيزال الذي قارب الخامسة والعشرين من العمر ولما يكده ، انصرف بكل حماسه اليافع الى الامر . ويخلال ثلاث سنوات اعد الاطلس الجديد للكون الصغير: «سبعة كتب حول بنية الجسم البشري» (نصف قطع) من حوالي 700 صفحة مع 300 صورة .

ورغم ان فيزال كان رساماً ممتازاً ، الا انه عهد بالقسم الاصعب من الصور (ايكونوغرافيا) الى رسامين محترفين يبدو أنهم كانوا يعملون في معمل تيتيان (Titien) وساعد فيها «جان اتيان كالكار» (Jean Etienne Calcar) بعقريته . واشرف فيزال بنفسه على كل أعمال الرسامين ، ولأسباب نجهلها اصر على ابقاء هؤلاء مجهولين . وتم حفر الألواح الخشبية في البندقية ، ثم نقلت الى بال ، حيث في سنة 1543 ، وفي مطبعة جان اوبورينوس (Jean Oporinus) وتحت الرقابة الشخصية لفيزال ، صدرت اول طبعة عن «فابريكا» . وبعد ذلك بعدة أسابيع نُشِرَ مختصر لاتيني عن هذا العمل : «ايبثوم» . وتضمنت الطبعة الثانية من الاطلس الكبير ، المطبوعة في ذات المدينة سنة 1555 ، صفحة جديدة للفلاف مضورة مع اضافات مهمة .

تضمن كتاب «هوماني كورپوريس فابريكا Humani Coirporis Fabrica» سبعة أجزاء . الاولان مخصصان للعظم والعضلات ويستحقان اهتماماً خاصاً بسبب اصالتهما وسبب توجههما التعليمي : من لم يُعجب بالسلسلة الشهيرة من المسلوخات ومن المياكل العظمية وهي في مختلف اوضاع الحركة . ومن بين التجديدات نشر الى رسمة العظم الاسفني (Sphenoide) والرئغ (عظم المعصم) . والمثل المذكور غالباً هو من غير شك رسمة عظم القص . فسنأخذ لغاليلان يتألف هذا العظم من سبعة عظام . وفي «تابولا» (Tabulae) 1538 كان فيزال مع التراث . وكان سيلفيوس (Sylvius) قبل ذلك بقليل ، قد لاحظ ان التشريح يكذب الرأي الغاليلاني ، ومن اجل انقاذ سلطة النصوص القديمة ، افترض وجود تفاؤل تقهقري في القص الصدري عند الانسان ، مع تفاؤل تدريجي في عدد اجزاء عظم القص . ولما راى اتيان Estienne ان القص في الجثث فيه ثلاثة اقسام لا سبعة ، انسحب من الامر بمهارة مدرسية خالصة فقال : ربما كان غاليلان Galien قد عدّ الاقسام متصلة من الجهة اليسرى ومن الجهة اليمنى ، فاذا اضيف اليها الزائدة الغضروفية الرهابية يصبح عددها سبعة . وفوق لوحة من لوحات «فابريكا» قسم القص الى خمسة اقسام (وربما كانت هذه اللوحة هي الاقدم في الكتاب) ولكن في الرسم الخاص ، وكذلك في النص التفسيري بدت الحقيقة صارخة بيّنة .

ويعالج القسم الثالث والقسم الرابع من الكتاب الاوردة والشرايين والاعصاب . ولم يحافظ على المستوى المرتفع الموجود في الفصول الاولى . فكثر التجديدات مضللة . ومن بين اهم هذه التجديدات افكار عامة حول طبيعة الاعصاب .

أما الفصل الخامس والسادس فمخصصان للبحث في الاحشاء : احشاء المعدة ثم أعضاء القفص الصدري . وقد ورد وصف جيد جداً للامعاء ثم للمرارة في حين وصفت الكبد بشكل غير جيد وكذلك الطحال والكليتان والأعضاء التناسلية .

وقد وجد فيزال نفسه في وضع محرج : فهو مع تحرره من التشريح الغالياني ظل يقبل بالافكار القديمة حول الفيزيولوجيا ، وهي افكار ضللت ملاحظاته . وتعتبر بحوث فيزال في القلب ذات أهمية خاصة . إذ انطلاقاً من هذا العضو سوف تغلب الفيزيولوجيا الغاليانية . فقد اقترب فيزال من معرفة طبيعة القلب العضلية ووظيفته المحركة ، الا ان افكاره المسبقة حول حركات الدم والارواح منته من الرؤية الواضحة . وقد لاحظ توافقت انقباض القلب (السيستول) مع توافقت النبض ، ولكنه كان مقتنعاً بان تمدد وتقبض القلب هما عمليتان سلبيتان ، ولم يستنتج من ملاحظته اي استنتاج مفيد . وانكر فيزال Vesale « العظيم القلمي » الذي قال به غاليان ، واكثر من ذلك ، لاحظ انعدام المسام بين الحاجز الموجود بين البطينين ، وهذا امر مهم لفهم حركات الدم . وفي الطبعة الاولى من كتابه فابريكا ، اكفى ، بهذا الشأن ، بإشارة ربما تكون ساخرة ، ولكنها بالتأكيد مترددة ؛ وفي الطبعة الثانية ، صرح بوضوح بعلم وجود هذه المسام . ولكنه اعترف يشرف بأن تفسيره للقلب ينسجم مع تفسير غاليان : « لا لاني اعتقد بأنه صحيح تماماً ، بل لاني أتردد في محاولة وصف جديد تماماً لوظائف القلب » .

واخيراً يشتمل القسم السابع على تشريح الدماغ ، ويعطي شروحات على تشريح الحيوانات الحية . ان وصف الجهاز العصبي المركزي هو بدون شك افضل ما في عمل فيزال : التمييز بين المادة البيضاء والمادة الرمادية ، ثم تمثيل ممتاز للبطينات والغدة الصنوبرية وللحبيبات الشوائم الاربع ، ثم الزنيبات (Pédoncules) الخ . أما الشبك الجميل (Rete Mirabile) الموجود في كتاب تابولا (Tabulae) فهو مرفوض نهائياً . ويشرح فيزال انه آمن لفترة من الزمن بوجود هذا التكوين التشريحي لانه عثر عليه عند تشريح الاضام .

الا ان فيزال لم يتحرر تماماً من التشريح الحيواني . من ذلك مثلاً ان وصفه للوريد الاجوف ولغروخ الشريان الاعور يتطابق مع أوعية القرد لا مع أوعية الانسان . أما العين التي يصفها فليست عين إنسان . وقد اخطأ حين قال بوجود عضلة تذهب من الرقبة لترفع الصدر ، وان الشرايين الدماغية تنتهي في التجاويف ، وان المخاط يدرج من الدماغ الى الانف ، وان النخاع الشوكي يصل الى القناة العجزية . الخ . اما لائحة الاغلاط فهي طويلة ولكنها يجب ان لا تنسنا ، كما يقول هنتشي ، ان فيزال قد انحراف عن المفاهيم الغاليانية في اكثر من مئتي نقطة . فضلاً عن ذلك لقد غير تغييراً جليوياً

تقنية التشريح وحسن في التعبيرات التشريحية. واليه يعود الفضل في إيجاد تعابير بسيطة مثل الحوض «والصمام البترالي» «والمطرقة والسندان».

خلقاء فيزال - رغم شدة بعض النقاد العضويين، الذين اذتهم اللهجة غير الموقرة لتصاريح فيزال، فان فضائل هذا الاخير لم تكن موضع شك. من المهم ان نشير الى ان الانتقادات لم تصدر كلها عن المدافعين الثابتين على محبة غاليلان. بل الاقصى من ذلك، ان فيزال قد انتقذ من قبل كولومبو Colombo الذي كان يجهل ذات المثال، والذي كان يأخذ على معلمه بعض النواقص وبعض الاخطاء الغالطانية، اي توفقه في منتصف طريق التحرير الكامل للتشريح.

ظلت بادو، طيلة القرن 16 المركز العالى للبحوث التشريحية، رغم ان فيزال كان قد ترك هذه المدينة منذ 1543. واتم تعليمه، في بادى الامر ويلدو كولومبو (Reldo Colombo) ثم غابريال فالسيو (Gabriele Falloppio) ثم جبرالومو فابريسيو (Giroloamo Fabricio) داكوابنداني (d'Acquapendente) معلم هارفي (Harvey).

وبعد اقامة قصيرة نسبياً في بادو، علم كولومبو (Colombo) التشريح في بيزا وفي روما. ويفضل حسن نقدي متطور جداً، ويفضل امكانية اجراء عدد كبير من التشريجات، استطاع هذا الشرح العالم ان يصبح وان يكمل عمل فيزال حول عدة نقاط، وخاصة في وصف مضمون القفص الصدري باستثناء الرئتين («مدياستين» = المنصف)، والأغشية المصلية وعضلات الخنجرية والعين. وبين كولومبو ان الدم يمر من الرئتين الى الاوردة الرئوية ويصل اذاً بهذا الطريق من البطنين الامين الى البطنين الايسر من القلب. ووصف في فصل خاص المظاهر غير الطبيعية للاعضاء، بحيث اصبح بعد، آ. بنيفيني (A. Benivieni) (1507) رائد التشريح الباتولوجي الطبي. وكتابه «دي ري اناتوميكا» (De re anatomica) (المشهور سنة 1559، بعد موت كولومبو) كان مقدراً جداً بسبب لغته الواضحة جداً والبسيطة. وكان ينقصه فقط الصور الايضاحية.

كان غبريال فالويو (Gabriele Falloppio) (فالوب) من مودين (Modène) الاستاذ في فرار (Farrare) ثم في بيزا (Pise) ثم في بادو (بعد 1551)، محضر تشريح بارعاً، وقد ألف «الملاحظات التشريحية» (البندقية 1561). وكان بعد فيزال، اشهر حرفي صناع للتشريح الجديد، ولم يخطئ المؤرخ الالماني هيزر (Haeser) عندما أكد ان فالوب (Falloppe) تفوق على فيزال بدقة ملاحظاته وبعده اكتشافاته. فقد وصف حبل الطيلة، والاقنية النصف دائرية في الاذن الداخلية، والتجويف الاسفيني (Sinusphénoide)، والقناة المهبلية، الخ. وقد لاحظ فالوب، وهو يصبح فيزال، ان الشرايين الدماغية لا تنتهي في التجاويف، وان المنطقة البشرية ليس لها حوصلة مشيمية (allantoides)، وأقر التشابه في الاعضاء التناسلية بين الرجل والمرأة. واخيراً، كان الاول بالكلام عن تشريح الاقسام المتشابهة، مستشعراً بالتالي فكرة النسيج. وأسس خليفته على كرسي التشريح في بادو، فابريسيو داكوابنداني، مدرج التشريح في هذه الجامعة، واعد اطلساً عظيماً

بالألوان للتشريح المقارن (ما يزال حتى الآن بشكل معطوط) ، وعلم الدراسة المنهجية لعلم النطفة ووصف الصلصات الوريدية .

وكان هناك عالم بالتشريح من مستوى فيزال وقالوب ، يعمل دون اتصال بمدرسة بادو : هو بارتولوميو استاشي Bartolomeo Eustacchi (استاش) استاذ في جامعا ساپينزا Sapienza في روما ، وكان انسانيا ذا علم موسوعي نادر ، وبذات الوقت طبيباً ومشرحاً . فعدا عن العديد من الاكتشافات عن طريق التشريح وفقاً لاسلوب فيزال (القناة التي تحمل اسمه ، عضلات المطرقة والسندان ، الغدد الكظرية (فوق الكليتين) ، الخ) . دشّن هذا العلم « آناتوميا ارتيفيسيزوا وسبيلوس (كما اسماه مؤلفو القرن 17) او تشريح الانسجة ، الذي اراه التركيب الدقيق للاعصاب وللنسيج الكلوي .

نشير أيضاً الى مدرسة بولونيا بقيادة قسطنطين فاروليو (بحوث حول الدماغ) وجوليو سيزار ارازيو (Giulio Cesare Aranzio) وكان في عصره عارفاً لا يبارى بالتشريح الجنيني، والى مدرسة فررار بقيادة كاتانو، والى مدرسة نابولي بقيادة جيوفاني فيليبو انغراسيا (Giovanni - Filippo Ingrassia) (استقصاءات عظمية ، اكتشاف الحويصلات المنوية الخ) ، ومدرسة بيزا مع غيدو- غيدي (Guido guidi) (فيديوس) استاذ قديم في الكلية الملكية في باريس (وخاصة البحوث حول عظام الجمجمة) ؛ وخارج إيطاليا يشار الى مدرسة مونبيه مع غليوم روندي (Rondelet) (الذي أسس نبنة 1556 مدرجاً للتشريح ، كما كان مدققاً بارعاً واصيلاً) ومع اندري دي لورنس (André du Laurens) ، وكذلك مدرسة ببال مع فليكس بلاتر (Félix Platter) وتيودور زونجر (Theodor Zwinger) وغاسبار بوهين (Gaspard Bauhin) .

وظلت باريس لمدة طويلة قلعة الغالبانية . في هذه المدينة لم يزدهر الاتجاه الجديد في البحوث التشريحية الا بخلال القرن اللاحق . واذا كانت كلية الطب قد حاربت كل تجديد ، فقد كان الاطباء يفضلون الحس السليم وشهادة العين المباشرة على التعليم التقليدي . وكانوا يشرحون بوعي دون أن يصلوا مع ذلك الى اكتشافات مهمة . ونشرت اعمال باري (Paré) ، وبصورة خاصة كتابه « الاناتوميا الشاملة للجسم البشري » (1561) افكار فيزال لدى الممارسين . وعلى الرغم من أن كلية الطب في باريس ، احتفظت حتى نهاية القرن بموقف تفهيري تجاه البحث التشريحي ، فان احد اساتذتها ، جان فرنل ، هو الذي ، بعيد 1542 ، اطلق الجملة الجميلة التي كثيراً ما كررت من بعده : ان التشريح ضروري للطب كضرورة الجغرافيا بالنسبة الى التاريخ .

II - الفيزيولوجيا

الفيزيولوجيا عند فرنل Fernel . في سنة 1542 ، نشر الأستاذ الباريسي جان فرنل كتاب « دي ناتورالي باري ميديسي » ، . وكان أول دراسة (مونوغرافية) وافية حديثة حول « الفيزيولوجيا » . وابتكر فرنل الكلمة ، وفي الطبعة الثانية من الكتاب المذكور ، استخدمها في العنوان الجديد :

« أونيفرسا مدمينا لير بروموس : فيزيولوجيا ليري سيم » (باريس 1554) . وفي الترجمة الفرنسية أصبح العنوان : « الكتب السبعة حول فيزيولوجيا الطبيعة الانسانية » . وكمدخل الى الطب ، يهدف كتاب « الفيزيولوجيا » الى درس الانسان بالنسبة الى « الامور الطبيعية » (رس ناتورالي Res naturales) لتمييزها عن « الامور الطبيعية وفوق الطبيعية » (رس براتر ناتورام وسوبر أناتورام) . ان فيزيولوجيا فرنل تختلف تماماً عن الباثولوجيا وعن الدراسات العيادية ، وهي لا تفصل عن التشريح وعن السيكلوجيا . وهذه الفيزيولوجيا تدخل في علم أناسة (انثروبولوجيا) نفسي وجسدي ، وفيها لا يمكن درس الجسد بدون النفس ، والشكل بدون الوظيفة .

وبعكس فيزال ، الذي فتح حقبة جديدة في البحوث التشريحية ، يمثل فرنل ذروة النظرية القديمة اكثر مما يمثل بداية مقاربة جديدة في دراسة الوظائف الحيوية . وقد اشتقت العبارة اشتقاقاً الا ان العلم الجديد لم يتكون رغم ذلك .

واليزم يبدو لنا عمل فرنل وكأنه الجهد الاخير الكبير، المبرر تاريخياً ايضاً . من اجل بناء نظام فيزيولوجي استنتاجي غائي ، مركّز على معاني النوعية ، ومتجاهلاً اساليب التجريب الكمي . ان فرنل يرى بأن النفس هي المبدأ وهي السبب في كل وظائف الكائن الحي . فالنفس « بقدراتها الطبيعية » تحرك الجسد ، وتهضم الاغذية الخ . و« الانفاس » او الانسام (= الارواح) تستخدم كواسطة بين النفس والاعضاء : فالانسام الطبيعية « تساهم في التغذية وفي النمو ، اما الانفس الحيوية فتتمش حركة الدم والنفس والتنفس . اما « الانفس الحيوانية » فتجعل الحركات ممكنة ، حركات العضلات والادراكات من خلال الحواس . في هذه الشبكة العامة تدخل بدون صعوبة ، العقيدة الكلاسيكية حول العناصر ، والصفات ، والامزجة ، والطبائع . ان علم التشريح يبدو ، من حيث المبدأ ، كأساس تفسيري عقلائي للوظائف الفيزيولوجية الكبرى ، ولكنّه ، في الواقع مرتبط باحتياجات تفسير غائي عالي التأمل . وظل غاليلان المعلم الاكبر . واذا كان فرنل ، في كتابه الفيزيولوجي قد ذكر غاليلان 18 مرة فانه استند الى ارسطو ثمان وثلاثين مرة .

ولم يكن التشريح ، بمفرده قادراً على التغلب على العقبات العلمية المعرفية التي كانت تقطع الطريق امام الفيزيولوجيا . لقد شاهدنا تردد أمثال فيزال عندما يتعلق الامر بمعارضة غاليلان في مجال يتجاوز علم الشكل (مورفولوجيا) . ومع ذلك فقد كان لديه فكر انتقادي ممتاز ، واكثر من ذلك ، كانت له تجربة اكيدة في علم تشريح الحيوانات الحية . وقد درس فيزال على المختازير الحية ، وظيفه الاعصاب ومارس حتى استئصال الطحال تجريبياً . اما كولومبو ، فقد خصص في كتابه التشريحي فصلاً للتشريح على الحي ؛ وهنا ايضاً وردت ملاحظات حول القلب والدماغ والدورة الرئوية عند الكلب .

واجري غيدو غيدي Guido Guidi ، وف . كواتر V. Coiter ، وغيرهما ، تشريحيات حيوانية على الحي .

واستخدم فرنل بنفسه مثل هذه الوسائل كما دلت على ذلك تجربته حول توافق الانقباض القلبي والنبض .

العقيدة القديمة والاتجاه الجديد - ظلت الفيزيولوجيا ذات الاستلهام الغالياني العقيدة السائدة طيلة القرن 16، ولم تكن فيزيولوجيا بالمعنى الحديث للكلمة بل نوعاً من الأنثروبولوجيا (علم الاناسة) الغائية التي تشكل فيها الأحداث (البسيطة) النفسانية عناصر فيزيولوجية بالمعنى الضيق للكلمة. وعبر المغامرة الوسيطة تقلصت الغاليانية نوعاً ما ووصلت الى القرن 16 مع مزيج كبير من الارسطية .

وإذا كان فرنل هو أعلى تعبير عنها، فإن المؤلفات العلمية الدينية ، بخلاف الحقيقت الوسيطة المتأخرة جداً ، مثل « دي ناتورا هومينيس » للاسقف نمزوس (Némésios)، قد تمتعت دائماً بمكانة قلماً مست ، وقد أعيد طبعها عدة مرات واستعملت ككتب متداولة .

ولم تؤد المعرفة الأفضل للمورفولوجيا (علم تشكل الحيوانات) الداخلية للانسان الى اعادة النظر بالوظائف الجسدية ، بصورة مباشرة . اما التيارات التجديدية فقد نشطتها عوامل اخرى . وفي فجر الفيزيولوجيا الجديدة ظهرت في البداية بواكير الطب التجريبي والتأملات حول النظام الكيفي في مؤلفات نقولا دي كوي (Nicolas de cues)، ثم البحث عن تفسيرات الحيوية الميكانيكية (بيوميكانيك) التي ظهرت اثارها موزعة في مذكرات ليونارد دا فنشي Leonard de Vinci، ثم اشعاع الافلاطونية الحديثة ، ومفاهيم جديدة للخمياء بشأنها وضع باراسلس هجوماً عنيفاً ضد عقيدة غاليان .

وقد سبق في القرن 16، ان قامت حملة جادة ضد النظام القديم لدورات الدم والارواح . ان مرور الدم من النصف الايمن الى النصف الايسر من القلب عبر الرئتين قد وصفه سرفيتو - (1553) (Serveto) ثم كولومبو (1559)، ثم فسره سيزالينو (Cesalpino - 1571) في اطار نظرية حول « الدورة الدموية » اعم انما مبهمة نوعاً ما . ومن الممكن ، عن طريق الباغو (Alpago)، ان يكون بعض العلماء الايطاليين قد عرفوا معلومات ابن النفيس وهو يتكلم عن مرور الدم بالرئة⁽¹⁾ . ولكن باجل (Pagel) اثبت ان اعتبارات فلسفية لعبت في صياغة هذه الرؤى الجديدة، دوراً على الاقل لا تنقص اهميته عن اهمية الملاحظات التشريحية .

ونحن مدينون لباراسلس (Paracelse) بالعقيدة الوحيدة المتناسكة والتي تتعارض تماماً مع الفيزيولوجيا الكلاسيكية . ان الفيزيولوجيا الباراسلسية ، المشبعة بالتصوف وبالخيمياء وبالتنجيم ، لم تكن تتميز ، برأينا ، الا بفضيلة واحدة حققة : هي الاصاله . اذ لم تعد العناصر القديمة والامزجة تعتبر المكونات النهائية للمادة وللجسم البشري ، بل كأجسام مركبة . واصبح « الكبريت » و« الملح »

(1) راجع للمجلد I ، القسم الثالث ، الفصل 2 .

كيميائي ، يناسب أكثر مع المبادئ : « الاحتراق » ، « التبخير » و « الصلابة » ، لا كمواد بالذات .
 و « الزئبق » تمثل العناصر الثلاثة الكيميائية التي تشكل ركيزة الطبيعة . ويجب فهم هذه الكلمات بمعنى
 والقوة أهم من المادة . والروح تتحكم بالحياة وليست الامزجة . ومفهوم « الروح » [اسم
 أطلقه الخيميائيون على مبدأ الحياة] وهو نوع من الروح تتحكم بالوظائف الحيوية ، ثم نوع من الفلسفة
 النجومية المعقدة وأخيراً افتراض سلسلة من « الانتبا » (الكينونات) تطيع الرؤية الباراسلمية بطابع
 الحتمية العضوية المندمجة في نظام كوني .

وكان التأمل الأكثر اضلالاً مجازي تجريبية مباشرة بالخير . وهكذا ، ومع الباراسلميين حل الوزن
 والفحص الكيميائي للبول محل النظر اليه الذي كان سائداً في القرون الوسطى .

وسنداً لدييجن (Diepgen) ، أضاف باراسلمس الى النظرتين الكلاسيكيتين في الفكر الوسيط
 [« مادية » العقيدة المزاجية و « ميكانيكية » الذرية (من ذرة)] . اضاف مفهوماً ثالثاً هو « الديناميك

[لا ان تيودور زوينغر (Theodor Zwinger) عندما كتب سنة 1580 (تقريباً) كتابه :
 « فيزيولوجيا مديكا » (طبع سنة 1610) كانت أهم مصادر علمه ، ودائماً ، غاليلان وابن سينا
 الحيوي » او التفاعل الحيوي . وهذا الشأن لم يعد المعتقد الغاليلاني ، في القرن 16 ، هو المعتقد الوحيد
 الممكن لدى الأطباء .

الفصل الرابع :

فن الشفاء

I - تطور عقيدتي وانتشار تعليمي

الاصول الميتافيزيكية للمرض - تجددت الدروس القاسية في الباتوجنية (تولد الامراض) المقدسة ، التي سبق ونص عليها العهد القديم ، في العالم المسيحي ، متجسدة في أعين الجماهير من خلال الزينات التي تناول العجائب الوسيطة : في الاقريزات (Frises) ، وعند أقدام « الاب الازلي » ، وسكان السماء. السابعة والملائكة والقدسين ، وعلى المسرح ، البشرية المعذبة والحاطنة : وفي الاسفل يفتح الجحيم فمه الملهب بشياطينه وجرميه . ومن طبقة الى طبقة تتعدد العلاقات . ويبد متتمة يرسل العلي التقدير المعجائب والمصائب . وفي الوحوش استشف امبرواز باري (Ambroise Paré) علامات « غضب الله » . وكثر القديسون وهم خلفاء الالهة المحلية الصغيرة ، وورثة العبادة التي اصبحت مسيحية ، عبادة الاشجار والاحجار والمياه) وخاصة المياه الحارة (، هؤلاء القديسون المتخصصون المعينون من قبل التراث الشعبي أو الاسطوري لرعاية المرضى والحجاج اعطوا او ابرأوا من الامراض . ومن الجوزاء اخذت الكواكب تصب على الاحياء حمها الدورية . وعلى الارض اخذ السحرة ، وهم رسل القوى الأرضية ، ينفثون لعناتهم . وبعد أن اصاب السطاعون جنيف ارسل كالفن (Calvin) الى المحرقة اربعة عشر مسكيناً بتهمة اشارة الطاعون بفضل تعزيماتهم . وقامت الجحيم وانتصبت مع الجن والشياطين الذين يمرضون الناس على المعصية : الا يقول الرسول بولس (الرومان 5-2) ان الخطيئة هي التي ادخلت المرض والموت الى العالم . وربط الانتقال الخفي بقايا السحر البدائي بصنع المعجزات المسيحية واساطير التراث الشعبي ، على هامش التأملات العقلانية في العلم المدرسي . وقام بعض الأطباء الاسبان والطلانيان والفرنسيين ، مثل لويس لوبرا دافيل (Luis Lobera d'Avila) وج . ب . سيلفاتيكو (Silvatico) وف . رانشين (Ranchin) ، يصرون على الهامهم الديني ويدعون الى طب كاثوليكي .

الارث الغالياني اليهودي العربي وحركة الانسنة - يتألف القسم الاعظم من التراث الطبي من مخلفات الحضارة العربية : فهناك من جهة ترجمات اسحاق ، وعلى بن عباس ، وأبقراط وغاليلان على يد قسطنطين الافريقي . ونقلت هذه التراجم بفضل مدرسة سالرن . وهناك من جهة اخرى

ترجمات الرازي وابن سينا وابو القاسم Abulcasis ، على يد جيرار دي كرمونا Gérard de Crémone ومدرسة المترجمين في طليطلة وقد تعدد اولئك الذين يطيّبون وفقاً لكتب ابو القاسم او كتابات ابن سينا الذي ظهرت اول طبعة لاتينية له في ستراسبورغ سنة 1473 والذي اعيدت طباعة كتيبه سنة 1527 من قبل اللجنة Junte . وفي سنة 1593 نشرت مطبعة آل مديسيس Médicis في روما طبعة فخمة لكتاب القانون لابن سينا بالصيغة الاصلية . ولكن اذا كان الطب الاسلامي قد لقي بعض المؤيدين في شخص لورانس فري Lorenz Fries (الدفاع عن ابن سينا، ستراسبورغ 1530) وب. انجر دي توبنجن B. Unger de Tübingen (الدفاع عن الطب العربي 1533) ، فمئذ 1492 على يد ليونيسيون Leoniceo (الطب الغربي) ، أخذ هذا الاخير يُجرّحُ اخطاء ابن سينا ، وبعد ذلك جاء سانفورديان شانييه Symphorien champier يشهر « بالكتاب العرب الذين زوروا عقيدة الاغريق » .

الا ان المصادر الاغريقية لم تكن مجهولة . فقد عاد الصليبيون من الشرق ببعض المخطوطات الثمينة والكنوز النادرة التي اخذ الانسانيون في جمعها وتوثيقها. والاكثر من تصورها الاصلية يساعدهم في ذلك ما حصلوا عليه من تراث بيژنطي ومن ترجمة لهذا التراث. وعمد لينكار Linacre الذي حاول ان يترجم غاليلان ، الى تصحيح عباراته على يد معلمه وصلتيه غليوم بودي (Guillaume Budé) . وفي باريس تخصص الاسقف غليوم كوك بلغة الملاحيين (اليونان) . وفي الكلية الملكية اخذ غيدو غيودي (فيدوس) ولويس دوري (Louis Duret) وفي الكلية اخذ جون غوريس (Jean de Gorris) وجان هوليه (J. Houllier) في شرح أبقراط ، وعلم غونتيه اندرناخ (Gonthier d'Andernach) اليونانية الى لوفان (Louvain) . وقدم جيوفاني كريستون (Giovanni Crestone) كتابه القاموس اليوناني اللاتيني (1499) الى الطلاب المهتلئين ، وقدم بيار جيل دالبي (Pierre Gilles d'Albi) أيضاً « قاموساً » يونانياً لاتينياً ، (1532) . ثم جاء بعده ونوف عليه كتاب أونوماستيكون ميديسينا (Onomasticon Medicinæ) . (لاوتو برانفلز (D'Otto Brunfels) (1534) . وبعده أيضاً القاموس الطبي ، (1564) ، موجز بالترادفات الطبية اليونانية واللاتينية لمؤلفه هـ اتيان (H. Estienne) . دون أن نحسب كتاب كنز اللغة الاغريقية لنفس المؤلف (1572) ، وهكذا بدا الطب في عصر النهضة كطب لغوي .

وقامت المطبعة تسد النقص والتدرة في المخطوطات فعملت على اكمال نشر المعرفة . وجاءت كتب سلس (Selse) ، سابقة على غاليلان ، طبعة سنة (1478) في فلورنسا . وقامت مطابع الادي (Alde) في البندقية ، ومطابع اوبريتوس (Oporinus) في بال (Bâle) وفي ليون مطابع تريشسل (Trechsel) ، ورويه (Rouillé) . ومطابع مارفيف (Marvif) في بواتيه ، وويشل واتيان (Wechel et Estienne) في باريس ، ومطابع بلانتان (Plantin) في انفرس (Anvers) . وخرجت من هذه المطابع هذه الطبعات الجميلة المصورة المزودة باللوحات وبالفهارس التي تجعلها مفيدة وسهلة للمراجعة ، وتضم في متناول الجميع النصوص الكلاسيكية المصححة وغير المشوهة او المحرفة من قبل النساخ اليهود والفرنسيين كما قال فيما بعد غي باتان (Guy Patin) « حثالة الزخرفة » وكان رابليه (Rabelais) مبتدئاً في الطب سنة (1531) ولكنه نال الشهرة عندما شرح أبقراط امام طلاب مونيلييه سنداُ لدروس غير منشورة اخذها عن مخطوطة اغريقية اكتشفها واعاد طباعة « افوريسم »

(Aphorismes) في ليون في مطبعة غريف (Gryphe) سنة (1532)، ثم بمجدد جهود جيوفاني مناردي (Giovanni Manardi) من فرار من أجل العودة إلى الأصل الاغريقي الصافي؛ وقدم للطبعة الثانية من المجلد الثاني من كتابه إيبستولا مديسينال (Epistolae Medicinales) التي خرجت في نفس السنة من نفس العمل .

أما الذين لا يفهمون لغة هوميروس، فقد كان أمامهم العديد من الترجمات إلى اللاتينية . وعن الأفوريسم لأبقراط لن نذكر إلا ترجمات ت. غازا Th. Gaza (البندقية 1493) وترجمات ليونسينو Leoniceo (فرار 1509) . ومن أجل التوجه إلى عمل المعلم أ. فوز A. Foës، ود. بومي D. Pomi وغيرهما فهارس ومجلات ، واعد جانوس كورناريوس (Janus Cornarius) ترجمة جيدة للمجموعة الأبقراطية (البندقية 1545) ، وفي حوالي أواخر القرن ظهرت الطبعة اللاتينية الضخمة (فرانكفورت 1595) التي خصص لها أنيس فوز (Anuce Foes) كل حياته وأعطى غوته داندنراخ (Gonthierd'Andernach) كتاب بول إيجين (Paul d'Egine) وعنوانه دي ري مديكا (De re medica) (1532) . وأما كتاب غاليلان المسمى موتومسكولوروم (Motu Musculorum) ، فترجمه ليونسينو (Leoniceo) ترجمة لاتينية أولى ولكنها نشرت فيما بعد في لندن من قبل ليناك (Linacre) .

وقد يحدث أن يتضمن النص الاساسي غموضاً : وهنا يتوجب جعل المؤلف منسجماً مع نفسه أو مع آراء الكتاب الآخرين المختلفة عن آرائه . وحاول أندريه لاغونا (Andrés Laguna) أن يوفق بين ابقراط وغاليلان في كتابه المسمى إبيتوم (Epitome) (ليون 1553) . وقد راجعه جسون بليتير (J. Peletier) في كتابه المسمى كونسيلياسيون لوكوروم غاليني (De conciliatione locorum Galeni) (باريس 1560) . وهكذا تراكم نقد النقد وتأويل التأويل أو شرح الشرح ، وهو عمل تعليمي مسبق منذ زمن بعيد من قبل الشراح العرب واليهود ، يدل على براعة المدرسين .

ومن جهة أخرى لم يتورع علماؤنا عن تزيين هذه المحاضرات الناشئة تقريباً ببعض الآراء الكيفية: ترجم جون غوريس Jean de Gorris وجاك غريفن Jacques Grévin كتاب « ترياق » لنيكاندر Theriacal Nicandre ، واضيفت إلى الترجمات من اليونانية إلى اللاتينية، وإلى نشر النصوص الكلاسيكية باللغتين الاغريقية واللاتينية ، ترجمات ومقتطفات باللغات الدارجة . وإذا كان باراساليس Paracelse قد ارتكب فضيحة في بال حينما أحل الألمانية محل اللاتينية في محاضراته وعخطباته ، فقد بدت إسبانيا أكثر تساهلاً . في سنة 1551 ، ظهر في فالادوليد Valladolid كتاب انتوميا الإنسان بقلم برناردينو مونتانا Bernardino Montana من منسرات Monserrate . وكتب لاغونا Laguna في انفرس ، سنة 1555 ، ترجمة . لديوسكوريد De Dioscoride باللغة القشتالية . وفي سنة 1559 ظهرت نسخة في روما ، باللغة الإيطالية عن « تاريخ تركيب الجسم البشري » للإسباني فالفردي .

وفي فرنسا أيضاً وقع التحور . فطالب سبستيان كولان (Sébastien Cotin) وجاك غريفن (Jac-

(ques Grévin) باستعمال اللغة الفرنسية حتى في الطب . وفي ليون نشرت ترجمة فرنسية لمختلف كتب أبقراط وغاليان وأوريباز . وأقدم ترجمة فرنسية مطبوعة عن افوريسم (Aphorismes) لأبقراط هي ترجمة جهان براش (Jehan Brèche) (باريس 1550) ، وقد أعيد طبعتها عدة مرات . ويلحق بهذا تأليف جان بوميه Jean Bomier الذي نشر في نيورت Niort سنة 1596 ، « شرح المأثورات بالشعر الفرنسي » . وكان جوليان بيري (Julien Béré) ضد هذه المحاولات (1572) .

وإذا كان مقبولاً القول بأن جون كانابي Jean Canape قد جدد كتاب « الجراحة » لغني شولياك Guy de Chauliac خدمة للرفاق الجراحين ، وإذا كانت « المدرسة » تملاً رؤوس الحلاقين بالفرنسية ، فإنها كانت ترفض على الإطلاق إباحة العلم بأشاعته بين الناس . فقد كانت ترفض لعدم الكفاية ، وللمساس بحقها الحصري في التعليم ، هذا الوقح امبرواز باري Ambroise Paré ، هذا الحلاق الذي يزعم لنفسه انه جراح طويل الباع والذي يعلم فنه خارج منبره ex-Cathedra وحتى ينظمه شعراً ، ولكن انتاج باري Paré ، المتفن اثار صحيفة الدكتوراة .

ان الطب الابقراطي الغالياني - وقد دعا له في انكلترا ليناكرا Linacre ، وفي باريس ج. بايوج (Baillou) ، و. غوريس (J. de Gorris) ودوريت (L. Duret) ول. جويرت (L. Joubert) ، وفي ليون س. شامبيه (S. Champier) ، وفي إيطاليا ن. ليونسينو (N. Leonicino) ، و. بولو جيوفيو (Paolo Giovio) و. دافيد دي بوميس (Pomis) - ظلّ شائعاً بثلاثيته المزاجية (الدم ، الصفراء ، الاطربيل او السوداء والنخام او البلمغم) ومعقيدته التي تربط بين الامزجة ومسوء تكون الدم وتفاعله (ديسكراتي) . وتصوره لتصنيف الامراض والامزجة الأئمة التي ، من مرحلة الفجاجة ، تنتقل ، في الايام العصبية ، الى امزجة الاطعمة والافراج الفجائي بتأثير من الطبيعة المطيبة (Natura Mediatrix) . ما لم تنقل بحظ تعيس الى نقطة اخرى من الجسم ، فتحدث فيه تغييراً في مركز المرض . والى هذا تضاف العلامات الدالة على المرض والتي تنبثق عن هذه الانفعالات . وعلى كل واجهت النظرية المزاجية خصماً قوياً : باراسلس Paracelse ، طبيب من اصل سويسري اراد ان يستبدل الثلاثة الكلاسيكية بالمبادئ الخيمائية الثلاثة : الكبريت والملح والزئبق . وتصور باراسلس ان كل الامراضية (الباثولوجيا) متعلقة بتفاعلات كيميائية معروفة يومئذ ، ولكنه اعطاها تفسيرات احيائية .

بقاء التنجيمية او الاعيان بالعلوم الخفية - على هامش الانظمة العقلانية تولدت من جديد انجاءات التنجيمية . وهي قد ترسخت لدى الاطباء اليهود . وجدت صداها عند باراسلس وفي الصوفية في الروح الالمانية ، كما هيرت عدداً لا يستهان به من الاطباء الفرنسيين والاطباليين والاسبان . وظل دماغ كاردان (Cardan) سابحاً في احلام افلوطين ؛ وفي فرنسا لم يكن شامبيه (champier) بعيداً عن كتابات مارسيل فيسان (Marsile Ficin) . وفرنل (Fernel) بلداته استسلم لجلب السحر والغموض . اما الرأي العام الشائع فانه لم ينصرف ابداً عن العلاقات بين العالم الصغير اي الانسان ومجمل الكون : ليس فقط من خلال الاطار المناخي الذي عالج به أبقراط ، بل وايضاً من خلال

الاحداث الفلكية والفصلية التي تنظم ، مع اشغال الكرمه والحقول ، الحياة النباتية والحيوانية ، كما تنظم مجرى التنسج والدم . واذا كان التراث الشعبي يؤمن بالتنظيم سندا للالهة والفصول والتواريخ المواتية من اجل الحجامه اذ الفصد والتطهر والاستحمام وحلق اللحى والشعر ، فان رجال الفن لا يعارضون في ذلك . ان هذه المبادئ وقد جمعت في كتاب الأدرلسمان حول التعويذات القديمة الألمانية هي مقبولة لدى السلطات الروحية . يقول الاخ لويس دي غريناد (Louis de Grenade) بان المد الكوكابي هو أحد الفعاليات في « المناطق الإزلية » الطبيعية ، وان القمر يحدث نوعاً من « التخریب » في الجسم البشري ، وبخاصة في المرضى وذلك عند تحمله ومحاقه وعند كسوفه . وكذلك يقول كالفن (Calvin) هناك « نوع من العقد بين الكواكب واحوال الجسم البشري » . وهكذا تتحكم الظاهرات السماوية بالمرضية العامة : ويعزجك بلتيه (Jacques Peletier) في كتابه (الطاعون 1563) الطاعون الى توافق اتصالي بين زحل والمشتري . ويقول جيهان اسبين (Jehan de l'Espine) ان مذبذب 1533 ، ولد فناء في عدة أمكنة . ومن جهة اخرى تتأثر الاحشاء ، داخل الفرد بما يقابلها في الكواكب . فالقلب محكوم بالشمس ، والدماع محكوم بمجرى القمر . أما زحل البارد فيتحكم بالسوداويين ويحكم انه ناشف يتحكم بالبخلاء ؛ والقمر يحكم انه رطب فهو يتحكم بفيزيولوجية المرأة . اما الزهرة فتدفع باتباعها الى الاباحية واما المريخ فالى الشجاعة والشهامة . ثم ان طابع هذه العلاقات الكوكبية تبدو ظاهرة في بعض الاشخاص وعليهم سماتها . وقد توسع فيليبو فينيللا Filippo Finella في هذا الشأن ، وبخاصة في خطوط اليد . وعرف العلم العجيب « أو » التبصير « Chirromancie خرومة ازدهاره في القرن 15 و 16 مع برثولوميو ديلا روكا Bartolommeo della Rocca الملقب بكوكلس Coclès (شيرومانتيا . . . اناستازي Chyromantiae... anastasis بولونيا 1504) ، ومع جان انداجين Jean d'Indagine (1522) ، الشيخ . في الكف تستعمل في تصميم مختصر للجسد مقابلات الصعد الثلاث الفكرية والكوكبية والبدائية التي تتحكم بالاحشاء . وكذلك الحال فيما يخص الفراسة والزي الخارجي العام للجسد . لا نقول ان هذه المعطيات لا تستحق الاهتمام ، فالإيماء والمواقف تقدم للملاحظة الطيبة معطيات إيجابية : فقد حاول ج. غراتارولي G. Grataroli من برغام (1554) والتابوليتاني ج. ب. دلا بورتا (J.B. della Porta) ان يعودوا بالفراسة الى السميوتيك (علم الاعلام والمؤشرات) . لقد صور قلم ليونارد دافنشي العجز الهرمي ، ومن حركة اعصاب الوجه ، التي تعبر بها عن نفسها المشاعر الاخلاقية استخرج تقطيع الوجه .

ولكن يجب ان لا نكفي باستخراج الاستنتاجات الفيزيولوجية المرضية من الشكليات (مورفولوجيا) او من بعض ما يمكن ان تتضمنه الخطوط الجسدية ، ان الفراسة هي فن تنبؤي ، وهو مأخوذ عن تراث فارسي نقله العرب ، وعن عادات قديمة صينية وهندية سابقة جداً على العصر المسيحي . وقد استعاد ميشال سكوت (Michel Scot) . هذه العادات والاحلام في القرن الثالث عشر ثم اخذها في القرن 16 جان انداجين (Jean d'Indagine) وضمها كتيبه . كما ضمها كاردان في كتابه « ميتوبوسكوبيا » . والخطوط المطبوعة على الوجه لا تحكم فقط حاضره الفرد بل وتتنبأ بمصيره المستقبلي

II - العلاماتية (السيميائية) وعلم تصنيف الأمراض (نوزولوجي)

الفحص العيادي - التعليم في « الكلية » كان نظرياً . فبعداً عن المنبر (ex Cathedra) كان المعلم يقرأ ويشرح ويناقش نصاً لأبقراط أو لغالبان ، أو نصاً حديثاً : إذ اتبع لفرنل (Fernel) في حياته شرف ان يرى كتاباته تطرح للمناقشة في المدارس . وفي بادو فقط كان ج . ب . دل مونتي (G.B.del Monte) يعطي تعليمه عيادياً بالمعنى الصحيح للكلمة ، اي فوق سرير المريض . اما ، في غير هذا فقد كان على التخرج ان يلتحق بأحد الأطباء يتبعه في ممارسته ، لكي يمهّر في فحص المرضى . هناك أولاً الفحص : تكوين الجسم العام ، حالة الجلد والاغشية المخاطية ، وغيرها بالفحص المباشر او الوسائلي (فالكاسر (Diopetre) الذي وضعه بول اجين (Paul d'Engine) سوف يعود اليه ويعدله ب . فرانكو P.Franco وآ . باري (A. Paré) ؛ أجلس لمعرفة حالة الحرارة او البرودة ؛ وتيرة النبض ، اساعبه وتواتره (ولم يكن تواتر النبض قد حسب بعد) ؛ واذا كان الأطباء يومها لم يجهلوا ابداً التابع الأبقراطي ، فانهم لم يتوصلوا الى فحص الصدر بالسماع ، الامر الذي انتظر مجيء « لانك Laennec » . وبصورة خاصة كانوا يعتمدون على فحص الاخطاط : الدم لمعرفة لونه وسرعة تحمره بعد الفصد ؛ الافرازات : البصاق ، القيء ، البول ، وكان الطبيب يذوق في خصوصياته الفيزيائية ناظراً اليه بعينه ، بحركة شبه اعتيادية كما يتفحص الوعاء او الماتولا Matula الذي جعله رسام « كتاب الساعات » العائد الى آن دي بريتانيا d'Anne de Bretagne بيد القديس داميان Damien . من هذا الفحص هناك عدة استنتاجات ، بارعة الى حد ما او تخمينية ، إذ قد يحدث ان لا يتقدم المريض الى الطبيب ليفحصه الا من خلال بوله المجموع في وعاء يرسله مع رسول خاص⁹ .

تشكيل كينونات مرضية - ان تعقيدات الحميات « والطواعين » الكثيرة الوقوع في تلك الحقبة ، لم تمنع طب الملاحظة ، المنسجم مع الحكم الايبوقراطية ، من استخراج بعض الكينونات المرضية الصالحة التي اما أن تكون قد نسيت ، واما أن تكون غير معروفة حتى ذلك الحين أو تكون ملتبساً بها . وقدمت ممارسة التشرية . والفحص الدقيق أول هيكلية عن مفهوم تشرجي للمرض (بنيفياني (Bénivieni) بنيدتي (Benedetti) ، كوتر وفرنل (Coiter , Fernel) .

وقد احسن بايُو (Baillou) وصف السعال الديكي والحنائق . وجرى ايضاً ايضاح فوضى الحميات الطفحية . وقد رسم الايطاليون مع انغراسيا Ingrassia مع نابولي (1553) تفريراً للمعنى القرمية (روسانيا) (rossania) أكمل توضيحه فرانسوا أولو (Ulmeau) ، وحوالي 1578 ، جان كواتار من بواتيه تحت اسم « الحمى القرمية » الوبائية . اما بالنسبة الى التيفوس (Typhus) او الحمى النمشية ، فقد كان اطباء الجيوش المحاربة على علم تام بهما : مرض تابارديو (tabardillo) من حصار غرناطة (1479) ، مرض فبريس بستيلنس (Febris pestilens) في حروب ايطاليا (1505- 1550) وبواتو (1557) ، وحروب هنغاريا (1566) الخ . وهناك وصف جيد عيادي للتيفوس قدمه كاردان (1536)

(Cardan) وفرانكاستارو (Fracastoro, 1546). وأخيراً اكتسحت الرُحضاء (العرق المستمر) انكلترا وخاصة سنة 1518, 1529 و 1551.

وقام بروسبيرو البينو (Prospero Alpino) (« الطب المصري » ، 1591) بدراسة الطب الباطني الشرقي، وقد سبق ان وجد جان بتكور (Jean Béthencourt) في الهند مبشرين ايطاليين يقدمون لمريدي التنصر خدمات الطب الاوروي. وفي القرن (16) قام اليسوعي ماتيو ريثي (Matteo Ricci) بفتح مدارس للتمريض في قطاي (Cathay). وخلال ارسائهم في اندونيسيا كان جراحو السفن التابعة لشركة الهند الشرقية يعالجون المقيمين في المكاتب على الارض بأدوية من على ظهر السفينة. ومن اقدم هؤلاء الاطباء، الجراح جاكوب واترمان (Jacob Waterman) ألذي استقر في باندا سنة 1599.

أما أمراض البلدان الحارة كالجدام (داء الفيل) فقد وصفها التاجر والاديب فيليبو ساسيتي (Filippo Sassetti) التوفي في غوا (Goa) سنة 1588 في مذكراته. وكان الجدام موجوداً في العديد من البلدان، في حين كان قد انتشر عن اوروبا، حتى ان الكثير من مصحات الجدام قد اغلقت بحلول القرن 16 و 17 ومآوي المرضى، لانهام المرض.

وعاد داء الحفر (مرض يفسد الدم) الى الظهور في القرن 15 بعد ان كان نسي منذ الحروب الصليبية، وذلك في المجموعات ذات المهمات الطويلة. فحصد بحارة فاسكو دي غاما في شواطئ موزامبيق (1498)، وفيها بعد، في شتاء 1535 - 1536، حصد اتباع جاك كارتيه Jacques Cartier وهم يكتشفون سان لوران ثم اتباع حملات دراك Drake (1578) وكافنديش Cavendish (1586). ولكن العالم الجديد خيباً للعالم القديم الأسوأ: السفلس، ذكرى السفرة التي نقلها سندا للتراث، رفلق كريستوف كولومب، ومن اسبانيا نقلها جنود غونزالف (Gonzalez) القرطبي الى ايطاليا: فكان مرض نابولي، ثم مرض فرنسا عندما نقلها جيوش شارل الثامن الى فرنسا، ومنها انتشرت في بقية اوروبا، والمرض المضال السفلس يبدو تماماً انه من اصل اميركي، ولكن القضية تبقى قيد البحث. ولكن الداء الافرنجي (السفلس) الوطني لم يكن موجوداً في اوروبا منذ ابعاد العصور؟ اما الزهري (بيان) (Pian)، فبالرغم من معرفة الاطباء العرب به فهو لم تعرف ماهيته بالقبض الا في القرن 17.

ولحسن الحظ جاءت من هذه الاسفار البعيدة، ومع الادواء، الادوية والعلاجات. وكان التأبير، المعروف في الصين من الاف السنين، قد اشيع في اوروبا على يد الاسباني فرانسيسكو منديس بنو (Francisco Mendez Pinto). اما اميركا فغلقت بأدويتها التي لم تكن معروفة من قبل، مداخل المبيدات واليسوعيين كما اثارت النزاعات بين الاطباء.

III - الصحة والعلاج أو التطبيب

الصحة - كانت المعالجة الوقائية تلجأ الى وسائل عملية تجريبية: العزل الارباعي

(الكرنتينا) ، العزل في معجر صحي ، هرب امام المصبية . وقد أثبت العزل جدواه تجاه بعض الأمراض الوبائية مثل الجدام ، فقد قل عدد المجدومين⁽¹⁾ بعد اضطهادهم وحبسهم ، وهرب الناس امام ثيابهم وصناعاتهم . ولكن ما هي الحيلة تجاه امراض وبائية مثل الطاعون الا التمسك تجاهه بالمثل القديم : المسرح في الحرب ينجو... ؟ .

ورغم الوسائل المعتادة : تظهر الجبو بالنيران الكبيرة ، اشخاص متخصصون يتولون شؤون الصحة (« الغربان» : محالون واطباء وجراحون ضد الطاعون ، مزدودون بثياب مشمعة وقناعات (Masques) ذات انوف طويلة محشية بالعمور) ، تظل الكارثة تأخذ طريقها حتى انطفائه الفجائي وكيف تمكن اقامة حواجز فعالة بوجه اسباب مجهولة ؟ ولكننا نذكر ، مع ذلك ، كسابق في مجال علم الاوبئة العقلاني ، جيرولامو فراكاستورو (Girolamo Fracastoro) من فيرونا ، طبيب وشاعر وفلكي ذو قيمة نادرة . فهو لم يدرس فقط التيفوس والطاعون والفلس بشكل تخصصي ممكن يومئذ بل فحص فضلاً عن عوامل العدوى بملامسة الأشخاص أو الأشياء الملوثة ، جرائم الأمراض المتقلة بالعدوى البعيدة ، وهو بهذا سبق في وعيه نظريات باستور (في العدوى . . البندقية 1546) .

ان الصحة الفردية هي صحة المائلة . فإمام الشرهين امتدح الحكيم كورنارو (Cornaro) فوائد الحمية الحذرة والفقيرة . أما غابريل زربي (Gabriele Zerbi) ودايفد بوميس (David de Pomis) وهما من اوائل الباحثين في امراض الشيخوخة فقد كشفوا اسرار طول العمر . وإذا كان الخمر مفضلاً على الماء فما ذلك الا لان الماء ملوث في اغلب الاحيان ؟ وعلى العموم قلنا تجاوزت العناية الصحية اطار الكتاب القديم المسمى الحماية الصحية الذي اعيد طبعه وتفسيره كثيراً .

الادوية - اخذت الصيدلية التقليدية من الصيدلة الكلاسيكية ومن العرب . نشر (غوتيه دنرناخ (Andernach) ، في بال (Bale) سنة 1530 ترجمة لاتينية لكتاب غالين Galien عنوانه تركيب الأدوية . وجددت الصيدلية نفتحها في كتاب نقولا سالارنيتانوس (Nicolas Salernitanus) وعنوانه انتيدوتاريوم (Anti do tarium) (البندقية 1471) كما منحت نفتحها لكتاب فاليري كوردو (Valerius Cordus) (1546) وللوصفات الطبية التي وضعها فوز (Foes) (1561) ، ونقولا هول (Nicolas Houel) (1571) ولويس جويسر (L.Joubert) (1579) وب. بوديرو (B.Bauderon) (1588). أما اول كتاب تعاملي مكتوب بالفرنسية فكان كتاب دوسو (Dusseau) وعنوانه « انريشيد اومانبول ميروبول » (Enrichid on manipul des miropoles) (1561).

أما الوصفات المعتادة التي كانت مصاغة في كتاب « الاستشارات » (وأشهرها كتب فرنل (Fernel) وامات لوزيتان (Amatus Lusitanus) وكراتوفون كرافت هيم (Krafft heim von Kraftt)

(1) ان تراجع الحذام هو حصيلة توافق معقد لمرام مائة وخاصة التصارع الميكروبي : وعلى كل كان من الطبيعي أن يعتقد الأطباء ، خطأ ولا شك ، بأن المناعة كانت بفضل التدابير الصحية .

فتتفق مع النظريات المرضية التي يؤمن فيها المريض . وهي متركزة عدة على الثلاثي التقليدي : العناصر الأربعة وكائز الصفات الأربع الأولية او مضاعفاتها وكلها تطابق مع الأمزجة الأربعة والميول الأربعة البسيطة : (البلغمية، الغضبية، الخزنية، والدعوية) أو المركبة . والسبب المباشر لكل مرض كامن في الأمزجة . من هنا العلاج بالفضد بقصد تبديد المرض المزاجي كميأ ونوعياً .

بالنسبة الى النوع الاول هناك الادوية الاستكمالية وهناك الادوية الاستفراغية الفصدية : المقيثات والمسهلات ، والحقن ، والمدرات للبول والمفرقات والمنخعات للبلغم ، والحجامة ، والقصص (فصد العرق او الكعب ، الوريد ، الدماغية الجانبي او المتقابل ، المصروف او المحول) . من هنا ، مناقشات مضحكة بين انصار الباريسي بريسو (Brissot) ، الذي كان يفصد المصاب بذات الجنب (المبرسم) من الجانب المريض ودينز (Denys) طبيب ملك البرتغال ، الذي يفصد من الجهة المقابلة أدت الى دعوى رفعت أمام جامعة سالامنك ثم شارل كانت (Charles Quint) .

اما حثل الدم (سوء تكوينه) النوعي ، فقد جوبه بفضل العلاج المضاد . اما ضد الفرغرينا او « مرض المونستور سان انطوان » Saint Anthoine فكان العلاج « بالأعشاب الباردة » اذا كانت الفرغرينا حادة وبالأعشاب الحارة ، اذا كان المرض « نار الجليد » . او يجري استعمال المادة الضارة « materia peccans » اما اصطناعياً ، باستعمال ادوية تثير البثور التي بحسب امبرواز باردي Ambroise Paré ، تسحب « الرطوبة الزائدة » او وضع فتيلة لسحب المواد من الاعماق ، اما من المخارج الطبيعية اما بوسائل منقية للدم او مدرة للعرق .

تلك هي المعالجة المسيلة للعرق او للسوائل والمتبعة بشأن السفسس سواء عن تطبيق التدخين او التبخير والكبريت الزئبقي ، او الدهونات او الافران او المرهم النابولي ، بحسب طريقة كسبار توريلا (Gaspard Lorella) ، وهو أسلوب مستعمل حتى في مفر نفوس الأسوات ، حيث شاهد ابيستمون (Epistemon) الباباسيكت (Sixte) يقوم بالمهمة التعيسة مهمة كاشط الجلدي أو السفسس . وهي معالجة قاسية وخطرة امر بها فراكاستور (Fracastoro) ، وندد بها لويز فيلالوبو (Lopez de Villalobos) . وقد حاول البعض استبدالها بمطهرات نباتية مستودرة من العالم الجديد مثل « السالمباريه » التي ادخلت الى اوروبا سنة 1530 ، « والسكين » و« السامافراس » ؛ او أشهر انواع المفرقات وهو الغاياك (gaiac) أو « الخشب المقدس » المستود سنة 1509 ، استودر ج. هرناندز دي اوفيدو (G. Hernandez de Oviedo) ووصى به وشلد آ.م. برازافولا (A.M. Brasavola) ؛ والمملكان الكاثوليكيان فردينان وايزابيل (Ferdinand et Isabella) امرا كل سفينة آتية الى اوروبا بان تجلب لحسابها حمولة منه .

يضاف الى هذه المجلوبات من المستعمرات التي أشاعها كلوزيوس (Clusius) : وأضيف اليها في حوالي 1550 ، جلبة (Jalap) المكسيك ، ويلسم البيثرون ، والكوكسا ، وفي سنة 1570 عرق الذهب ، وكلها تراكمت فوق الأعشاب « البسيطة » الناتجة عن الأرض الوطنية الأوروبية ،

والتي شاع استعمالها بسبب مفاعيلها المعروفة بحكم القدم والتجربة ، او بسبب خصائص خفية وردت في « طب التواقيع » ، مجموعات كاملة من الاعشاب يقتطفها المعينون بالاعشاب والجذور ، او التي تكون جاهزة في البساتين النباتية التي اوجدت في العديد من المدن . ولكن هذه الغزارة الظاهرة في النباتات تغطي فقرها ؛ ومن حسن الحظ وَجَدَ الكمونة والروياص ، والخس والسنا (الكرستنة) ثم الافيون الذي لا يدلل عنه .

وفي المملكة الحيوانية تتضمن التشكيلة مقومات غير معقولة : متوجات وراثية : سلح الكلاب المغذاة بالعظام . سلح الذئب الحجر (bézoard) الأوروبي او الاجنبي ومنه « البوفونيت » او حجر الضفدع ، وهو حصاة تنمو في رأس الضفدع . متوجات اخلاطية (دم الشباب) ؛ بقايا عضوية : مومياء ، جمجمة بشرية ، عظم قلب الابل . مطبخ السحرة البشع المتكون من خللاط متعددة الاصناف او اخلاط عسلية معقدة . واشهرها ترياق أندروماك (Andromaque) الذي يتضمن لا اقل من 74 مادة (من بينها لحم الحية) ، بحسب تركيبة غاليلان ، ثم اضيف اليها واعيد النظر فيها . والى هذه المستحضرات الاستطابية ، نجب اضافة الوقيات التي تتضمن السموم ، وتتوافق مع تجربة مؤونة المائدة الملكية ، ومنها ألسنة الافاعي (الحقيقة اسنان القرش) المعلقة في شجرية ، ثم قرن وحيد القرن .

اما العالم شبه المعدني فيقدم للمطبيين عن الطريق المضمية التربة المباركة الشهيرة ، تربة لامنوس ، وفي سنة 1520 ، اقترح جوهان لانج (Johann Lange) من هيلبرج اقترح للعذارى المصابات بأمراض عذرية (Morbus virgineus) ، « زعفران اذار القبل » . اما تخثر الدم اللولوي ، فاضافة الى الوصفات المذكورة في «ديامارغريتون » لنيكولا (Nicoles) او ابن سينا ، هناك ما ذكر في « لومينارماجوس او لومان ابوتيكايريوم (Lumen apo thenearium) الزمرذ ، والحجر الاصفر ، والزفير واليشب المطحون المنعم ، المزوج بالحرير الخشن ونشارة العاج ، وهذه التركيبة تقابلها تركيبة واردة في « الكوتياريوم لـ جيس » Ilectuarium de Gemmis لمؤلفه مزوي (Mesué) . والتركيبتان مختصمتان بالزبائن الاغنياء .

وكان للخيمياء منافع ايضاً : ماء الحياة الذي يحفظ بحكم اعتناعه على الفساد ، بالميت وبالحي ، وحجر جهنم ، وهو الأكل المقخم ، تم الراسب الاحمر . اما الأئمد (انتيومان) فظل مشبهاً . ورغم ان باراسلس قد اعلن عن فضائله ، وتبعه لويس لوني (Louis de Launay) مؤلف «خصائص وفضائل الأئمد المدهش» (1564) فقد عارضه ليس فقط باليسي (Palissy) ، بل وايضاً جاك غريفن (Jacque Grévin) وكلية باريس التي استعانت بشأنه « بالبرلمان » [محكمة] . ولكن البرلمان اكتفى بالزام الصيادلة ان لا يسلموا هذا العقار الا بناء لوصفة طبيب (1566) . واستمرت المشادات . وطردت « المدرسة » من صفوفها بوليه (Paulmier) ، الذي كان من حزب الانتيومان (الائبد) (1579) ولكنها لم تستطع اسكات لا الخيميائي الدانركي بدر سورنسن (Peder

(Sorensen) (سفرينوس) ولا كير دعة الطب الخيميائي المسمى دوشن (Duchesne) او كرسيتانوس (Quercetanus) .

اما الزئبق، وهو نوعية كان القرن السادس عشر بأمر الحاجة اليها، فقد كان مقبولا. وكان جيوفاني دافيجو (Giovanni d'Avigo) يدوي بالراسب الاحمر التفرحات الزهرية، وكان ماء الفضة العنصر الرئيسي في الحبوب التي قدمها الاميرال التركي بربروس (Barberousse) الى الملك فرانسوا الاول (Francois I^{er}). فضلا عن ذلك، قام باراسلس بدعاية كبيرة لصالح الكيمياء والمعالجة بالمعادن. واخذ يتغنى بالذهب المشروب ويفضائل الحجر الفلسفي، الذي يعطي طول العمر. وقد عارضه في ذلك جاك اوبرت (Jacques Aubert) الذي ندد، في كتابه «انستيتوني فيزيكا» باستعمال هذا الحجر، استنادا الى هبة ارسطو واثبت قيمة الكيمياء (Chimiam esse vanam).

ثم انه يجب الاقرار ان كيمياء باراسلس لم تكن دائما خارجة عن المعقول. فقد حاولت بحق ان تستبدل التجريبية العملية المتعددة اوجه الصيدلة بالمستحضرات الكيميائية المحددة والمعدة، والاستخراج من اودية غير معروفة جيدا خلاصة او مبدأ فاعلا، غالبا ما يتحطم او يزول او يضعف من جراء الممارسات القرمشائية السائلة: تكلس، تسرب، استحلاب. ان باراسلس كطليعي بالنسبة الى نظريتنا حول الامراض الترسية أو الكلسية Lithopexique، كان يوشع يرغب في إحلال التعادل الكيميائي في الجسم البشري وذلك بأن يسيل في هذا الخليط أو المزيج الرسوبات المؤذية التي تسمى الرواسب. ولكن أصحاب الكيمياء السحرية (الهرمسين) كانوا يستعملون كيمياء عفوية، ويفتقرون الى دقة القياس.

وفي اغلب الاحيان كانوا يضعون في الباطنية، ونجاء هذه الاسرار الجذابة الكامنة في العنبر وفي المغناطيس، كيف يمكن انكار التبادل الممكن للتدفقات الاخرى؟ وعلى هذا قرن، وحيد القرن، يمكن ان يكشف السموم. ونجاحات المرهم السلاحي، ورشوش المحبة، تدل على التوافق بين السلاح الجراح والجرح، بين الدم واختلاط المجروح وبين افرازاته المتروكة من بعيد.

هذه العلاقات المتبادلة تظهر في المملكة المعدنية. قال رونسارد Ronsard: لقد عرف الملاك «فضائل الاعشاب والاحجار»، ومنذ ديسكوريد (Dioscoride) وبلين (Pline) وعلى يد ماربود (Marbode) والير الكبير (Albert le Grand)، ومونديفل (Mondeville)، ومارسيل فيسين (Marsile Ficin)، وماتيولي (Mattioli) وكاردان (Cardan)، يتابع تراث التطبيق بالجواهر. فهذه الاحجار الكريمة، ليست الا ناقلة فضائل الكواكب القريبة لها. وصورة هذه الكواكب بالذات، وكذلك رموزها المعدنية. لها صفة البلمس المبرى. اهدى بلتييه (Peletier) الى مونتنييه (Montaigne) الفرنسي هدية - ربما دون ايمان كبير بها - «قطعة صغيرة من الذهب المرقق قد حفررت فوقها بعض الرسوم السماوية. ضد ضربة الشمس... وضد الام للمس Teste». ونشير ايضا الى الاحراز التي لا تحصى التي كشف الير الكبير Albert le Grand عن أسرارها.

ذلك هو جدول الاشفاء الطبي، الذي ما زال متواضعاً . وبالمقارنة يقدم الاشفاء اليدوي نتائج مرتبة ملموسة .

وهناك مشكلة جديدة، مسألة معالجة الجروح التي تحدثها الاملحة النارية ، اعطت للفن الجراحي دفعات جديدة .

الفن الجراحي - تقدمت الجراحة في ايطاليا على يد تاغلياكوزي (Tagliacozzi) المعلم في الجراحة (autoplastique) وعلى يد ماغي (Maggi) الذي بلغ الكمال في معالجة الجروح ، وفي البلدان الناطقة بالالمانية ، على يد هـ . جرسندورف (H. Gersdorff) ، وف . ويرز (F. Wirtz) وف . فابري (W. Fabry) (فابريسيوس هيلدانوس) .

وفي فرنسا، ورغم احتقار « الكلية » العلمي للعمليات اليدوية ، يجدر ان نذكر ، بين المجددين، اسم رابليه Rabelais فيما يتعلق بتجبير كسور عظم الفخذ Femur، والذي اخترع أو اعدا كشف العـ غلوسوتومون » او « الـ غلوسوكوميون » واخترع لفك عقدة الفتق المخنوق ، الـ سيرنفونوم » . ولكن المجدد في الجراحة الفرنسية والعالمية كان رجلاً عادياً من الصناع الماهرين ، متمتعاً بحس سليم وبروح عملية ، سماه قليل علمه من الضياع في التبحر ذلك هو : امبرواز باري (Ambroise Paré). كان جراح المعركة ، فابتكر اسلوباً في العثور على القذائف الداخلة في الجسم واستخراجها ، تبعاً لوضع المجرع عند اصابته . ودعا الى استبدال الحديدية الحمراء ، من اجل قطع الدم النازف عند العملية ، بالرباط الوعائي (وهو تقنية كان المؤلفون الكلاسيكيون قد دعوا اليها) ، وكان اول من دشن اساليب فصل الكوع (Coude)، وفي حالة الغنغرينة (Gangrène)، فصل الاطراف ، وكان يقطع بانتظام في الاقسام السليمة . ورفض العادة البربرية بتطهير جروح الاصابات بالسلاح الناري بالزيت المغلي والحديدية الحمراء . ولكنه هو ايضاً كانت له اسراره ، ومن بينها زيتته الشهير « زيت الكلاب الصغيدة » وهذه صيغانية تغتفر له .

نذكر ايضاً جـ . غيلمو (J. Guillemeau) من اورليان ، وبيار فرانكو (Pierre Franco) من نورير في برفوا ، وكان جراحاً متجولاً ، تجريبياً لئلا صاحب افكار جديدة : فقد الفى عملية الخصي castration في معالجة الفتوقات وعمم ، بالنسبة الى المصابين بحصى الكلى، الشق الطويل مع المجرى وسبق الى الشق عبر العلة للوصول الى الاحشاء (الختلة) .

وفي القرن 16 ، أثري الفن الولادي (Obestrical) باعادة اختراع الصيغنة البودالية (باري) بوضع تقنية العملية القيصرية (بين، روسي) (Rousset, Bain) ثم بلمزاة الانحرافات المهبلية .

IV - المؤسسات ، الوسط ، ورجال الفن

الطبيب في التراتب الاجتماعي - ظل الطب لمدة طويلة نزول الاديرة . اما الجامعات ، ذات الانماط المختلفة ، فما تزال تحفظ ذكرى هذه النشأة . فاذا كانت جامعة بولونية وما تزال تجمعا لمجموعات

مدرسية علمانية ، فان جامعة لوفان عرفت باستمرار ، افضلية وأسقية أسقف كولوجيالية سان بيلر مندوب الكرسي المقدس . وفي فرنسا أيضاً تعتبر الجامعة بنت الكنيسة . وكانت الرخصة تعطى باسم السلطة الروحية : « في باريس باسم للمستشار ، راعي كنيسة نوتردام ، المندوب الرسولي . وفي مونبليه باسم أسقف ماغيلون . وكان الطبيب المتفرع لمهمات التعليم ، مزدواً ، من اجل هذا ، بمنحة كهنوتية تكفيه لسد احتياجاته . وكان المعلمون في مونبليه ، وكلاء صرف بفصل اوربين الخامس (Urban V) يصنعون بأن معاً الرداء الكهنوتي (CamailCanonial) ورداء الاستلة .

هذه الصفة ، صفة الطبيب الكاهن تقتضي موجبات ومستزمات متنوعة . اولاً ، في الممارسة المهنية ، الامتناع عن اجراء اية عملية جراحية . « الكهنوتية تتناق مع الدموية » . وهذه حكمة كانت تتحكم يومئذ في تصرفات حتى الاطباء المتعلمين . ثم بالنسبة الى الدكاترة العمداء ، على الاقل ، التخلي عن الزواج . وكان التلميذ بحكم اعتباره نصف كاهن ، منذوراً للزوعية ، ولم يستغد الا متأخراً من الاصلاح الذي نُشر سنة 1452 من قبل الكاردينال دستوتفيل (Cardinal d'Estouteville) والذي سمح للدكاترة العمداء بالزواج . ولكن الجيبيط الطبي اخذ يتعلم بصورة تدريجية . ومنذ 1500 ، لم تعد جامعة باريس تضم ، من اصل 21 دكتوراً ، الا ثلاثة كهنوتيين . اما الاطباء النبلاء او المرفوعين الى مرتبة النبالة ، فقد كانوا قلة نادرة . فالطبيب الممارس من عامة الناس كان يصنف في المرتبة العليا من الطبقة الثالثة . والطبيب يكون من سكان المدينة (اذا ترك الطب الرفيعي للحلاق - الجراح الذي كان يتف الشعر ويقوم بالفصد أو للمجبرين أو المتمرسين) ، ويعتبر من الاعيان البورجوازيين الذين يمارسون مهنة حرة مع مالها من امتيازات تتقدم على الجراحين وعلى الحلاقين ، الذين كانوا يعتبرون من اهل المهن اليدوية المتمرسين بالفنون اليدوية الميكانيكية .

والجهاز الطبي ، ما يزال يحتفظ ، اخذاً عن الكاهن ، بالامتياز التعليمي . ولكن اذا كان الامتياز الجامعي قد اهتم بفعل خلق منابر للطب في الكلية الملكية في باريس ، فان جماعة أبقراط ما تزال تحتفظ في فرنسا بحق الرقابة وبحق التعليم تجاه الجراحين من التابعين . افضلية تقتصر في اغلب الاحيان على صراع متعب ومضّر : صراع بين المنظرين غير المتمرسين بالتطبيق اليدوي المحترفين لتابعيهم ، والجاهدين في الحد من تقدمهم العلمي والاجتماعي ، من اجل اخضاعهم غضباً عن من يريد النهوض بهم . والادب المتبادل بين جماعة سان كوم (Saint Côme) وسان لوك (Saint Luc) يدخل في اغلب الاحيان . في مقاومة الاجراءات اكثر مما يدخل في باب التقنية . ان الكلية تفرق كي تسود وتحكم . والزعات الاستقلالية لدى الجراحين من ذوي « الشوب الطويل » الذين تجمعوا سنة 1311 حول جهان بيتار (Jehan Pitard) ، جراح سان لويس ، قد شوهت برودة الحلاقين - الجراحين من ذوي « الثوب القصير » الذين تقودهم كلية باريس . هذه النزاعات انتهت سنة 1515 ، بتأسيس « جمعية » ؛ ولكن الخوض المؤقت تحت رعاية (طوق) الاطباء ، لم يمهّن النزاعات والمطالبات والعصيان في المستقبل .

اليئة الاجتماعية والاداب - ومن النتائج الاخرى للتنظيم التعليمي والاجتماعي في ذلك

العصر : البداوة او الترحل . فالى جانب الرفاق الجراحين كان هناك الترحل من اجل التعليم والذي اصبح تقليداً . كان اطباء المستقبلون يقصدون الجامعات سعياً وراء دروس المعلمين المشهورين او من اجل الحصول على الرتبة . والحق ان هذا لم يكن بالامر الجديد .

فحتى في ايام طب الاديرة كان السفر بين دير ودير دائماً وكثيراً . وكانت الجامعات الوسيطة تستقبل افواج المستمعين « المتعدي الجنسيات » الذين كانت تجمعهم نفس الثقافة اللاتينية وتطبعهم بطابع مدرسي مشترك ينفي عنهم كل شعور بالفرية . وكان الامر ايضا على هذا المنوال في القرن 16 . فقد كانت اورليان (Orléans) وبورج وبواتيه (Poitiers) وتولوز Toulouse ومونبليه Montpellier تفص بالاغراب المتجمعين تحت شعارات او بيارق « اوطانهم » . ومن جهة اخرى كان اولاد عائلات فرنسية يذهبون لاكمال دراساتهم فيها وراء الجبال [أي في اسبانيا وإيطاليا] . ان جذب إيطاليا كان له مبرره . وهناك تبايزات اخرى اتجهت نحو البلدان المنخفضة وجرمانيا . وكان نهر الرين يروي جدران مدارس شهيرة مثل : بال (Bale)، ومايانس (Mayance) وستراسبورغ (Strasbourg) وكولونيا (Cologne). وكانت اسباب هذه التنقلات عديدة : عدم التساوي في الامتحانات ونفقات التعليم والاستقبال ، وتوزع مراكز التعليم وعدم استقرار المعلمين الناجحين ، والأوبئة ، والحروب التي كانت تقضي بإقفال المدارس .

ولم يكن الحصول على الليسانس او دبلومات الدكتوراه ضمان استقرار . فاذا كان هناك ممارسون مستقرون بفضل الزبائن المدنيين او بفعل الاستخدام في وظيفة ملكية او اقطاعية او بلدية ، الا ان المواظبة لم تكن من مذاق كل الموظفين . وكان الأطباء والجراحون والملحقون مؤقتاً بالجيش وبالقصور الملكية والاميرية والكاردينالية . الخ . أقل استقراراً ايضاً ، انما يحكم الضرورة . ويجب ان نشير هنا الى نجاح الأطباء اليهود الذين نالوا رعاية خاصة وأكيدة من الباباوات أمثال ليون العاشر وكلمان السابع (Clément) وبول الثالث (Paul III) .

ونشير أخيراً الى أسلاف أطباء المستعمرات ، مثل جراحي البحرية ، الذين جلبوا معهم ، من مراكز الشرق ، كنوز صناديقهم الطبية ، أو الذين استقروا وأقاموا في هذه المراكز . في سنة 1569 أسس ب . كارنيرو B. carneiro مستشفى في مأكو .

الى جانب هؤلاء المتجولين بحكم الارتباط المهني تجب الإشارة الى المتجولين المتعديين من اجل العلم : وهم الطلاب الدائمون المتطوعون ، الذين ، وهم يسعون الى اكمال معارفهم ، زاروا اوروبا بأكملها كما فعل : غونتيه داندرناخ Gonthier d'Andernach واماتوس لوزيتانوس (Amatus Lusitanus) أو لازار بينا (Lazare Pena). كما قام آخرون ينزرون هنا وهناك في العالم القديم او اندفعوا نحو « البلاد الأجنبية » أمثال « بيلون » (Belon) الذي رافق سفراء فرانسوا الاول (François I) لدى الباب العالي بونحو الشرق الأدنى أمثال غيلاندينو Guilandino وراولف (Rau wolff) وب . ألينو (P. Alpino) .

الفصل الخامس :

الزولوجيا أو علم الحيوان

I - الاستلهمات المادية لعلم الحيوان

التجريبية المنظمة والتقدم في علم الحيوان : في مجال علم الحيوان أو « الزو » أخذ عصر النهضة معتقدات وملاحظات وتجارب العصور القديمة المتراكمة المتكونة بفعل الضرورات الحياتية .. فلم يعد القنص مقصوداً على القتل أو على الدفاع ، رغم أن الدفاع يفرض نفسه دائماً : فاضرار الذئب لم يقض عليها بعد ، وفي الجبال ما زال هناك زواحف غير مرغوب فيها . ولكن الصيد والقنص أصبحا رياضة متعة وامتيازاً سيادياً منظماً جداً ، له مراسمه وله أدبه . وقد أضاف القرن السادس عشر الى طيران الأسهم وحدة الفولاذ وسنان الرمح ، نار البارود والمسلس . وبدلاً من الاشرار والمكامن حلت التسلية الفنية أي القنص عن طريق الكلاب والعقبان .

وتطور الصيد كما القنص ايضاً . فالسلب الحر الذي كان سائداً في الازمنة القديمة خضع في الارياض للامتياز الاقطاعي المحلي . وعلى الشاطئ تحرر الصيد من الموجبات المباشرة : فاضافة الى الصيد على الشواطئ الفردية او العائلي ، وصيد الهواة ، اضيف ايضاً الصيد الكبير في اعالي البحار ، سعيماً في الشمال البعيد ، وراء الحوت والرنكة (Harengs) والموري (Morues) . وبعد ذلك تم السعي للحصول على السمك الطازج وما يعيش في البحيرات والمستنقعات ، وقام الصيد النهري أو صيد المد الشاطئي . وقامت المصنوعات المحفوظة المملحة أو المدخنة ، والاستيرادات البحرية لتسد النقص في عجز الصيد الفردي .

وكانت نهاية حرب المئة سنة بداية العودة الى الارض . فالتبيل وقد افترق بفعل تدني ايراداته المفروضة اقطاعياً والمجددة ، بسبب التدني التدريجي لقيمة النقد ، هذا التبيل اصبح جندياً فلاحاً ، واخذ يخدم الحقول . اما القلاع الاقطاعية التي كانت فيها مضي متراصة اخلت تتباعد . وفي اواخر القرن ظهرت القلاع القصور ، نصفها مزارع ونصفها عصف تحيط بباحات واسعة من العناير والمزارع والمرايط والمداجن والحماميات ، كما هو باقي منها في بريطانيا الفرنسية وفي نورمانديا . واصبح التبيل الصيد مرهٍ ومواش وتعلم تقنية التربية الحيوانية .

وكذلك بالنسبة الى اقوياء هذا العالم قوراء ظلال الابراج قامت الفيلات الفخمة ، وحولها الاطوار الواسع للجنان والملاعب تتم عن الثروة وعن الابهة والرفاهية .

في حين كان السَّيَّاس في الاصطبلات منهمكين ، في بذخ مداجن الطيور والزرائب ، حيث الطيور النادرة والحيوانات المدججة تحور ، ارضاء للفضول او اتسا للعين : وكانت الزرائب تتبع آل فالوا (Valois) الى قصور اللوار ، وتسير وراء ركب الملوك: هنري II الى سان جرمان ، وشارل التاسع وهنري الثالث الى اللوفر وهنري الرابع الى فنسان . وكان آل مونغورانسى ، في شانتيلي (Chantilly) ، يقيمون زرائب مشهورة . واستفادت العلوم من هذه الهوايات : فقد اغتنم باري الفرصة ليشرح نعمة .

ولكن هذه العلاقات مع عالم الحيوان لم تبرا من المتاعب . فاضافة الى الجروح العارضة التي تسببها هذه الجوارح المتوحشة او الحيوانات السامة ، كانت هذه الكائنات المدججة تتسبب لمزاكليها بحدوى الطفيليات ، وخطر الكلب ومناسبات وقوع الحوادث السيئة . وكان تقنين الطعام في ايام المجاعات او الحروب الطويلة ، واستعمال الملحاح يضيف الى مساوىء الحفر (فساد الدم) ، وهذه المساوىء كان لها بعض المحاسن فرغم ان هذه الاجراءات ظلت غالباً موسومة بالسحر او بالخزعبلات ، دخل علم الحيوان في الميدان الطبي عن طريق تنظيم الحَيِّمة الطبية وبعض الادوية التي بدأت تظهر فيها طلائع علم الطبابة العضوية (الاستعضاء) .

وحصل نفس التقدم فيما يتعلق بأمور صحية اخرى ومنها الصراع ضد البرد فجلود الحيوانات التي كان الاقدمون يرتدونها ، تحولت بيد الدباغين والقشّاطين الى احذية ، وعدة ولأمام للحرب والباسة لاصقة او الى معاطف من القاقم والفرو الفخم ؛ وتكاثرت وتجددت بفعل تطور المواصلات وجراة الصيادين بالمطافح . وبدلاً من الحرير المستورد من بلدان «السَّير» عمل تدجين شجرة التوت وتربية دود القز على اطلاق المتوجات الحريرية المحلية مكانها . وحل محل عقد اسنان الدببة عقد اللآلئ والمرجان . واستعملت مخففات من حيوانات حقة (دببة برن) او خيالية في مجال الدعاية . والشعارات البلدية او النبيلة او في تزيين اللواجهات ، والارمات والستائر والاثاث او حتى في خزفيات ب. باليسى (B. Pallissy) .

II - مكتسبات جديدة واحصاء عالم الاحياء

اكتشاف العالم وزوائده - بفضل الاكتشافات الجغرافية تضخم حجم عالم الاحياء بشكل لا حد له . لا على اساس قياس الوقت الحاضر ، بل ايضاً على اساس جدول (كاتالوج) ارسطو الذي لم يكن يتضمن الا حوالي 500 نمط حيواني . لقد امكن تجاوز المجموع بكثير . فقد دونت ثروات اوربا بعد ان عرفت بشكل افضل . و اشار اولوس ماغنوس (Olaus Magnus) الى الوحوش المربعة (ومنها الكراكن الشهير) ، ومجموعة الحيوانات الشمالية . ودرس سيغموند فون هربرستين (Siegmund von Herberstein) متوجات موسكوفيا Moscovie ، وشفنكفلت (Schwenckfeldt) متوجات سيليزيا (Silesie) ، وكتمان (Kentmann) طيور شواطئ الالب وتورنر (Turner) طيور انكلترا . وبعد ليون Léon الافريقي قام رحالة طبيعيون بالسفر الى الشرق الادنى : بروسبورو الينوينو Prospero Alpino ،

جبل دالبي Gilles d'Albi، بيلون Belon، تيفت Thévét الخ. وراقب جبل Gilles في مصر الزرافة، وفرس النهر (هيبوبوتام) والنمس؛ وعلى شواطئ البحر الأحمر شاهد حتى الاطوم Dugong (حيوان ثديي مائي يشبه السمك).

وبعد 1447، اكتشف لورنسو دياز (Lonrenço diaz)، على شواطئ غيني (La guinée) الكلاوس Calaos أو أبو قرين (طائر ضخم المنقار يعيش في الغابات الحارة وهو من الجوائم الملتصقة الاصابع). وفي سنة 1519 عثر بيغافتا (Pigaffetta)، رفيق ماجلان (Magellan)، على العديد من الطراسيح (م. طرسوح) (مانشو) على شواطئ باتاغونيا (Patagonie). وبعد الفاتحين الأوائل (كونكيستادور conquistadores)، وعلى جهتي خط التصنيف المحدد بمعاهدة تورديسيلا 1493 تدفق المستعمرون الأسبان - اللوزيتانيون : نواب ملك أو حكام أمثال غومارا هرناندز (Gonzalo Hernandez) من أوفيدو (Oviedo)، ومبشرون أمثال لويز دي غومارا (Lopez de Gomara) وجوزي دي آكوستا (Jose de Acosta) « بلين العالم الجديد »، وأطباء أو جراحون أمثال غارسيا دا أورتا (Garcia da Orta) في غوا (Goa)، وكريستوفال آكوستا (Christoval Acosta) وفرانسيسكو هرناندز (Francisco Hernandez)، متدب في إسبانيا الجديدة من قبل فيليب الثاني (Philippe II) مع لقب طبيب الملك. هؤلاء جميعاً عملوا على اغناء الموجودات النباتية والحيوانية من الهند الغربية أو الشرقية، التي كان يسجلها في أشبيلية Seville الطبيب مونارد (Monardes). وقد تحدثوا عن التبع والمخاطر، والقرصنة، واللصوص والتوحشين، والحيوانات الكاسرة والافاعي والكيمان من الساسيح، من أجل اغناء الثروة التقليدية. ولسوء الحظ احترقت أعمال ف. هرناندز هرناندس (Hernandes، 17 مجلداً) سنة 1671 بعد حريق مكتبة الاسكوريال (Escorial) المقصود. ونشر قسم منها فقط في مكسيكو سنة 1615 ومختصر منها في روما سنة 1628؛ وصدرت طبعة منها اكمل (في روما سنة 1649 - 1651) بعناية علماء الطبيعيات عن « أكاديميا دي لانسى ». وكان من الواجب بعد ذلك إعادة تجديد واستكمال المجموعات القديمة. وهذا ما تصدى له شخص اسمه غيسنر (Gesner) وشخص اسمه الدروفاندي Aldrovandi، وأصحاب مصنفات ناشئين أمثال كايوس وامراتو واعترضتهم متطلبات النقد ومشكلة الكادرات التي سوف يتم بها واتون (Wotton).

وبدا الانتقاد خجولاً في بادئ الامر امام القاب نبالة جعلتها الاقدمية محترمة. فعسن الفانن (ليكورن) الذي شهد بوجوده الكتاب المقدس، لا يعرف الا القرن الذي تمتدح فضائله للدهشة. وكانوا يجهلون يومئذ انه ينتمي الى كركدن البحر فاعتبروه من الحيوانات ذات الاربع وظلوا منذ بلين (Pline) يتجادلون حول هويته. وهناك حيوان أجبر ذكره الكتاب الدينيون والدينيون هو العظاءة (Basilic) ذات النظرة القتالة في الصحارى الافريقية، وقد أكد عليها الدروفاندي (Aldrovandi) الذي يشك بوجود الهيدر (Hydre) ذي الرؤوس السبعة، والمعروض في كنوز البندقيّة. وكان لا بد من قريحة رابليه (Rabelais) لكي يعيد الى « مملكة الشياطين » ذوات

القرن الواحد و« النساء الطائرة » ، وطيور السلوقيين والسمفاليين والستير (الانسان العنز) ، ولكنه ادخل معها بعض الكائنات الحقة .

المعجمية التقنية والمهيجية - كيف يدون السجل التعدادي ؟ المشكلة الاولى : وكيف تكفي اللغة الشائعة لهذا الغرض . الواقع ان اللغة التقنية ما تزال تحتاج لمن يضعها سواء في المجال التشكيلي التكويني (مورفولوجيا) أم في مجال التدوين العضوي (اورغانوغرافيا) ، أم في مجال التوزيع والتصنيف ، وتحديد الماهية الذاتية . لا شك ان كورنيليوس اغريبا (Cornelius Agrippa) وجوردانو برونو (Giordano Bruno) قد دعيا ، - في معرض عودتهما الى الافكار التي صاغها سابقاً ريمون لول Raymond Lulle في « آوجنرليس » Ars generalis وهو يحاول ايجاد معجمية مصطلحات - الى انشاء لغة علمية دولية ، الا انها لم يوفقا في دعوتها .

ان المصطلحات التشريحية (آناتومية) تظل زائداً مستقرضاً مجعاً من هنا وهناك . ولا تتضمن تفصيلات التنظيم البشري الا كلمات متنوعة متنافرة تلفيقية اغريقية ، لاتينية ، واغريقية - لاتينية ، او كلمات عربية مأخوذة عن الرازي او عن أبو القاسم Abulcasim وابن سينا Avicenne ، وهي موجودة بقلم رابليه Rabelais في تشريح « كارسم بريتان » Quaresme Prenant .

وكذلك الحال بالنسبة الى عديمة الفقرات ، استعمل شفكنفلت (Schwenckfeldt) جلوراً هليئية ، وتعابير لاتينية .

ويذكر ان هذه الكلمات لم تصبح علمية الا لانها نشأت من لغات ميتة وانما خرجت في زمنها على شفاه العامة . وان لغة علماء الطبيعيات في القرن السادس عشر لم تكن تأنف هي ايضاً ان تأخذ من الشعب التشبيهات الغليظة او المضحكة من تعابير طريفة .

اما المصطلحات الخاصة بمصادرها ليست اقل تعقيداً : فضياع أول نموذج عن عالم الحيوان (سفر التكوين ، II، 20) الغائم والمبهم بدون شك كما يقول رونديلي (Rondelet) « بسبب غموض اللغات في بابل » ، كان خسارة عظيمة لا تعوض . ولكنها استعوض عنها بالمأخوذات من اللغات العبرية والعربية والفارسية وخاصة الاغريقية واللاتينية . ومن بين هذه المصطلحات الاخيرة لم تبق الا الكلمات المستعملة في اللغة العلمية النحوية . وهناك كلمات اخرى ، رغم عاميتها قد زالت : مثل كلمة كورنين او كونييل ، (كونيكلولوس) وقد اوردها فقط اوليفيه دي سر (Olivier de Serres) ، وحلت محلها عند رابليه وريمون اتيان (R. Estienne) كلمة ارنب .

وبالمقابل يضاف الى بقايا الاصل القديم نماذج من شذرات كتبية ، ليست للاستعمال بقدر ما هي للدلالة المرجعية من ذلك النبي المنسوب الى بيلون (Belon) من قبل الدروفاندي (Aldrovandi) لكلمة كريزاتو بلوني (Chrisaetos Bellonni) . وتأتي أخيراً الكلمات من اللغة العامية المستوحاة من مشاهبات تشكيلية او من محاكاة صوتية او من سمات تدخل في مجال الاداب والعادات او الهجاء .

ويجب ان نلاحظ غنى المحاكيات الصوتية الشعبية المتوسطة وبخاصة في المجال السمكي بالمقارنة وبالنسبة الى فقر المصطلحات الحيوانية القارية .

ثم انه إضافة الى علم في عز اغنائه ، بسبب المجلوب من « الاراضي الجديدة » التي اكتشفها البحارة ، من أنواع غير معروفة ، ان المأخوذات المستمدة من الأصل المأكاتي القديم لم تعد كافية ؛ جاءت كلمات أجنبية ، غالباً ما تكون محرفة ، ذكرها تيفت (Thevet) واستعادها باري (Paré) نوعاً ما جاءت لتنمي لائحة الكائنات غير المعروفة من قبل . من هذه الكلمات ما هو أسيوي ومكسيكي ومن جزر القرباب ومن أورغواي ؛ وعلى العموم انها مجموعة متنافرة متعددة الأشكال ومشوهة مملوءة بالأغلاط أو بالنغل المحرف والغموض ، حاول جسنر (Gesner) والدروفاندي Aldrovandi ، بعد جهود ضخمة ، ان يصفها ضمن مرجع متعدد اللغات .

الاساليب التجريبية في التصنيف - 1 - الترتيب الأبجدي - الحل الاول : الوسيلة البسيطة التسلسل الابجدي والترتيب المعجمي ، المعتمد في « الجامع » الوسيطية : البير الكبير (Albert le grand) أو برتيليمي الانكليزي (Barthelemy) ؛ هكذا فعل غسنر والدروفاندي رغم لجونهما ، في الترتيب التحتي ، الى ترتيبات أخرى أو منفعية أو أكثر منهجية⁽¹⁾ .

2 - التجريبية المنفعية - من الناحية الذاتية الخالصة ، رأى البعض ، مع بولو جيوفو Paolo Giovio أسبقية المطيخة والقيمة المتديتائية الوليمية (المد ، الاسماك المدخنة ، المملحات) أو ايضاً التراتب المنزلي ، واضعاً الكائنات المدخنة أمام اسماء التبر Fefil وولائد الغابات . وهذا رأي لم يرفضه « بوفون Buffone » .

التصنيف التالي : سلم الكائنات ومعاييرها - يقابل وجهات النظر الواقعية هذه ، الأنظمة « المفضلة » ، وهي بناءات نظرية ، متماسكة تزعم انها تعبر عن « نظام الطبيعة » . 1 - التحركية الحيوية - ان افضل تعبير عن هذا التنظيم التالي هو تنظيم « سلم الكائنات » انه تسلسل يوحى به تراتب الخلق « التوراتي » في اليوم الخامس واليوم السادس ، ونظام الكمال للتصاعد من عالم الجماد الى عالم الحياة والتعقل ، لان الطبيعة تنزع الى « خلق ما هو الاكمل » . نظرية جمالية صاغها من قبل الفيناغوريون وافلاطون . وتكملها نهاية غائية تستخدم الانسجيمات المسبقة والمقررة سواء بالبنية الفيزيائية ام بالتعاطف والمحبة او بالنافر والكراهة . هذا التصاعد يترجم اذاً سلسلة وظيفية تصاعدية عرفها من قبل أرسطو (الستاجيري): الصعود الروحي انطلاقاً من الحركية الإحيائية الأرضية (نفوس حيوانية ، فاحساسية ، فعاقلة) ، نظام يتمحور حول الانسان فيه تتأكد رحلة الخطوة بالانتقال من مملكة الى أخرى . في الاسفل المرجان (كوراي) الذي يعتبر في نظر كامبانيللا (Campanella) « شجرة بحرية » تصخرت ، في الأعلى « الزوفيات » [حيوانات بحرية حيوانات عند فيلون (Philon) اليهودي وسكسوس اميريكوس (Sextus Empiricus) ، ونبات حيواني عند تيوفيل الغزراوي] - التي تعتبر ، سنداً لأرسطو وبلين (Pline) ، انها من طبيعتين ، الى درجة اننا لا نعلم ، يقول بيلون

(1) ان تصنيف الدروفاندي مدروس بتفصيل أكبر في ما بعد .

(Belon): «هل هي نباتات أم حيوانات»، والتي يصنفها رابليه (Rabelais) في «باتاغوريل»، الكتاب الثالث، (8) مع النباتات. فهي لا تمثل فقط في عالم الماء، بل أيضاً على الأرض الصلبة تحت صورة «بورامي أوبورامت» أو «أغثوس سيتيكوس» في «التاتاري»، له جسم الحمل ولكنه يظل متجذراً في الأرض بجذع مرتبط بالسرة. وأخيراً، تذكّر آخر في المجال الاسامي حسب قول سيزالينو (Cesalpino) المجري الصاعد للدم البشري، من القدم نحو الرأس مثل النسخ عند النباتات.

2- المعيار الاخلاطي المزاجي - حول هذا المعيار تُستوحى الخطوط الكبرى من ارسطو. في اسفل السلم هناك الحيوانات المحرومة من الدم. وفوقها الحيوانات ذات الدم الأحمر، الدال على تملك نوع من الحرارة الحياتية، تتناسب مع الكرامة العضوية بحيث ان الانسان في نظر الستراجيري، يجب ان يكون دمه هو الاكثر حماوة، بحكم انه كائن اسمي.

3- المعيار الوراثي - يضاف الى المعيار المزاجي في الكمال المعيار الوراثي. فالتغاير هو القاعدة لدى الحيوانات الدنيا: فالقمل، يقول جهان ماسي (Jehan Massé) قد خلقت من اخلاط زائدة. ويقول جوزي دي آكوسا José de Acosta ان الجرذان والضفادع والنحل وكل الحيوانات الاخرى غير المكتملة تولد من الأرض. ويذكر باري Paré كيف عثر في كرمه في مودون Meudon على حجر اجوف، مقل من جميع الجوانب وبداخله صقذع كبير حي، الذي لم يكن ليتولد الا من نوع من الرطوبة العفنة. وبالعكس من ذلك فالحيوانات الكاملة، وبحسب نظام الحكم الذي رسمه الله، تتوالد عن طريق الجنس البويضي أولاً ثم بالولادة.

واسلوب التوالد الخلقي هذا ينزع الى دوام الشكل واستمراره مع تحسّنه. ان معيار الوراثية المتشابهة ليس مطلقاً مع ذلك: من ذلك ان الاوزة القطبية السالحة تولد من بعض الاصداف الشجرية التي رسمها أيضاً الدروفاندي (Aldrovandi). وكذلك يرى بلين Plin ان طير الكوكل هو تحول من الباشق. ولا يجد بيلون صعوبة في الحاقه بالجوارح. ولا يستبعد باري امكانية التلاقي غير الطبيعي انما المخصب، فتولد كائنات مركبة، ولكنها هنا شواذات. ومهما توسعنا في سلم الكائنات، فاننا سوف نستمر في مواجهة الجواز. الوطواط والنعامة، الا بدلاً، بالعكس، على الانتقال من عالم الطير الى عالم المشي؟. والانشغال بوحدة الخطة العضوية الا يتكشف في التماثل الميكلي بين الانسان والطير، هذا التماثل الذي صوره بيلون Belon؟ تماثل بل عماتلات ملحوظة ايضاً بين دواجن

الطير والحصان أو القرد، أشار اليها ليونارد دا فنشي Leonard de vinci وباري وفولشر كوتر Volcher Coiter. ايتوجب بعد هذا المتادة بيلون Belon على أنه رائد الشرح المقارن؟ أم الاكتفاء بتشريفه بالاسبقية العلمية، أم التذكير بالأسلوب المقارن الذي سبق أن دعا له ارسطو؟ لأن هذا السلم الحيواني الذي يراد له أن يكون وحيداً سوف يتجزأ إلى أربعة أجزاء على يد كوفيه Cuvier

يضاف الى هذه المعطيات التشابهية اطُر ذات نظام وظيفي (السباحات، الزواحف، المشاء والطيور الداجنة) وبيشوي (ايكولوجي) (الحيوانات المائية، الشوامي تحت سطح الأرض،

والارضيات والفضائيات) مع اضافة الطائرات التي يفرضها اسلوب توزيع مصطنع للاسماك، وهي كل ما يعيش في الماء مثل: القشريات، والرخويات، والديدان، والشبوط والصفادع، والحوتيات، وعجول البحر، وافراس النهر، وجرذان المياه، والكاستور (القندس)؛ وهو تصنيف وافقت عليه الكنيسة، ويميز في الصوم الكبير اكل لحم القندس المذكور وغيره من الاسماك. والزواحف وهي كل ما يزحف، بما حدا بشفنكفلت (Schwenckfeldt) ان يصنف الحلزون الى جانب الحية، ولونيسر ان يصنف مع الطيور الداجنة: الديكة والحجل والنبابير والنحل والذباب، ودون ان ينسب السوطا الذي صفه بيلون Belon والدروفاندي Aldrovandi مع الطيور المتسلقة التي تطير ليلاً.

4 - التصنيف الوضعي وثماذجه - تضاف الى الحطة العامة متفرعات من نوع اكثر حصرًا، يقصد بها على الاقل من حيث التفصيل، تصحيح عيوبها. من ذلك انه ظهر عند واتون (Wotton) الاوكسفوردي، الذي حاول ان يفسر المنهجية، وعند ب. بيلون (P. Belon)، عود محمود الى التراث الارسطي المرتكز على التشريع وعلى علم الاجنة (امبريولوجي). معطيات سطحية احياناً تفرضها خصوصيات لحائية جلدية (اسماك طرية، ملساء او شوكية «مغطاة بالقرشة» أو «بالجلد القاسي»؛ وحياناً شديدة الحصر كما في مثل تصنيف المجترات سنداً للقرون (اميليانو)؛ وفي غيرها مؤسسة بصورة افضل على طبيعة الهيكل العظمي (اسماك غضروفية، او عظمية)؛ او شكل الاطراف (رباعيات، وحيدات الحافر او مشقوقاته او متعددة الاصابع؛ والكواسر ذات المخالب: طويلات الساق وذات الاصابع المتصلة). ويعود الفضل في اول تشريع جدي لصفيقات الجلود او الجسنة (كالفيل...) رغم معرفة هذا التشريع منذ القدم، الى جييل دالبي (Gilles d'Albi)، الذي استطاع تشريع جنة فيل صغير كان مرسلًا الى هنري الثاني (Henri II). والتميز بين نوعين بحريين، من شواطئ فرنسا مثل الدلفين العادي او فم الاوز (Delphinus delphies.L) وخنزير البحر (Pho caena communis, less)، يتم الا على يد بيلون، في حين كان الصيادون يأسرونها منذ زمن بعيد. ويغفر لجيل دالبي انه جمع دون ما يميز، في صف الاسماك الزعنفيات والحوتيات، وذلك عندما نلاحظ دقة حججه المميّزة

المرحلة النهائية: وصف الاعراض والمفهوم الخاص الذاتي - كان لا بد للتصنيف، وهو يلخص التصور الثنائي للكون ويحقق العلاقات الخفية بين المرئي وغير المرئي، من ان ينتهي من المجرد الى المحدد ومن الفئة النظرية الى تشخيص الواقع. وقد عرف غسندر (Gesner)، في اطراف المصطنع للتسلسل الابجدي كيف يربط فيما بين مجموعات طبيعية جيلة من تلك التي سماها الستاجيري (ارسطو) الاسر او العائلات والانواع.

ولكن الخصومات الوسيطة القديمة حول الكليات [وهي المعاني المجردة الخمسة: الجنس والنوع والفصل والخاصة والعرض العام] كانت يومئذ خاملة. وهذه المعاني لم ترتبط - كما هو حالها عند ارسطو - عند علماء الطبيعيات في القرن 16 بمعايير تجريبية محددة وثابتة. وان نحن رأينا في بعض الاحيان، ترابط كلمتين متنافرتين، ضمن تعبير ذاتي التكوين، فما ذلك الا بمحض المصادفة او

بالاستثناء. ان الجمعية تظل تنغير، متنافرة او متعددة الاشكال فهي مرة وحيدة الاسم او مزدوجته او مثلثة، تقتصر بالنسبة على نعوت تمييزية مبهمة (تبدل مذكر او مؤنث ، كبير او صغير) ؛ ومرة تضبيع في جل وصفية ، او هي تنطلق من الهامات متعددة. لا شيء هنا منهجي . ويكون من العبث اعتبار بيلون (Belon) طالبة واضعي مدونة المصطلحات، المزدوجة .

III - علم الحيوان المصور

الوسائل والفنانون - الى انتشار العلم لم يستطع الفن الا ان يقدم الدعم. فكانت من جهة اولى الرسوم اليدوية كتلك التي نفذها البر دورر (Albert Durer) وليونارد دا فنشي (Leonard de Vinci). وكانت هناك من جهة اخرى الوسائل الطباعة : مجموعات النقش على الخشب، التي سبق وعرفت منذ 1350 في بال عند وسم الاقمشة .

ثم انتقلت فيما بعد الى مجال الطباعة الكتابية النموذجية (تبيوغرافيا) ، وبعدها جاءت الطباعة النحاسية (شالكوغرافيا = شالك = النحاس) او الحفر على صفائح النحاس بواسطة محفر او ازميل . وقد جرت المحاولات الاولى، على ما يبدو، في بورغونيه Bourgogne، قام بها صاغة، منذ 1450 في فرنسا والمانيا وابطاليا. وظهرت رسوم على خشب في اول الكتب عن الاعشاب (Herbarium Apulei) في روما 1481. اما المحفورات على النحاس فقد كان منها نماذج سابقة، في المانيا والبلدان المنخفضة، على تلك التي تبيج ثيفت Thevet بانه كان السباق اليها واشاعها في باريس في « رجال مشاهير » .

وقد وجدت منها نماذج على اوراق طيارة. وهناك نماذج اخرى على مجموعات « ألبيوم » او ضمائم من اللوحات امثال: « صور طيور وحيوانات وافاعي » وضعها بيلون Belon (باريس، كاثليات 1557)، « آفيون فيفا ايكون » لادريان كوليرت Adrian Collaert، ثم « ايكون آنيما ليوم... لغسير، (زوريخ 1560)، ثم « قيناتوس اوكيبوم » للونيسر Lonicer، (فرانكفورت 1582) « ولوحة الجسم البشري » لـف، كواتر V.Coiter، (1573). وشاعت أخيراً الصور والرسوم الرمزية (= فينيث) في النصوص: حروف مزخرفة، أضاف اليها أمثال دورر Dürer، وهولبين Holbein سمة واضحة، جافة قليلا، من محفرهم ؛ أو رسوم ذات قيمة متغيرة جداً في النصوص وخارج النص .

وكان الفنانون يتممون الى قوميات متنوعة جداً. وعن مطابع مطبعة بلاتانتان Plantin، في انفرس Anvers، خرجت رسوم فان در بورط Van der Borch، من اجل « كولوكويس » غارسيا دا أورتا Garcia da Orta، حفرها أ.نيكولا A.Nicolai الذي زين بالرسوم ايضاً الطباعات الاولى البريسية من كتاب « ملاحظات = اويسرافاميون » لـ بيلون Belon، وكذلك طبعت كتاب ايكرزوتيكورم لـ كلوزيوز Clusius حيث مثلت حيوانات كانت حتى ذلك الحين غير معروفة . نذكر

ايضاً لوحات الثدييات والطيور لـ ابراهيم بلومار Abraham Bloemart حفرها بـ بولسورت B. Bolsvert، ولوحات كوليرت Collaert. وتضمن كتاب « فوات الاربع » لـ ميشال هر Michel Herr (1546)، 64 رسمة محفورة على الخشب وغير موقعة تمثل بشكل امين نوعاً ما ثدييات اوروبا وبعض الانواع الاجنبية .

ويعود الفضل في بعض المحفورات الخشبية « غرائب من فرنسا القطب الجنوبي » لـ ثيقت (Thèvet) الى حفار من مقاطعة اللورين الفرنسية هو كل. وريوت (Cl.Woeiriot) الذي حفر بعض رسوم الباريسي بـ . غودي (P.Goudet) (غورديل) لكتاب بيلون (Belon) : طبيعة الطيور .

وازدهرت سلالات فنية فيما وراء نهر الرين . وكانت المحفورة الاولى عن الزرافة ، المستعارة من قبل تيفت، وتعود الى الملون ارهارد ريوش (Erhard Reweich) الذي ذهب الى الارض المقدسة في القرن 15. وكان هناك آخرون معنيون بالحيوانات منهم : الاخوان هوفناجل (Hoefnagel)، وجوست آسان (Jost Amman) الذي زين تياريوخ لـ جان بوكسبرغر (Jan Bocksberger) والبير دورر (Albert Durer) الذي خلف عدة رسوم اشهرها ، بتاريخ 1515، تمثل وحيد قرن مقدم الى ليون العاشر (Leon X) من قبل عمانوئيل (Emmanuel) البرتغالي . واخيراً زينت الطبعة اللاتينية لـ 1556 والطبعة الالمانية لـ 1557 عن كتاب مثاليكا لـ أغريكولا برسم على خشب رسمها هانس رودلف مانويل دوتش (Hans Rudolf Manuel Deutsch). وفي سويسرا استخدم غسner مواطنيه الزورينغيين هانس آسبر وجوهان تومان (Johann Thomann, Hans Asper)، ومن اجل طيوره استخدم لوكاس شرون (Lucas Schroeon) (شان) . وفي ايطاليا استاجر سالفان (Salvian)، لمدة سنتين، برنار آرتين (Bernardus Aretinus)، وغيره من الفنانين؛ واستعان الدروفاندي، بالرسمامين كورنيل سونت (Cornelius Swint)، من فرانكفورت ومحافرين اثنين هما لورنزو (Lorenzo) وبيريني (Bernini).

من فلورنسا، من نورنيورغ : شـ. كوريولانوس (Coriolanus) وحفيده . وقام جورج . رفردي (Georges Reverdy)، هارب من شبه الجزيرة، برسم « الاسماك » لـ روندليه Rondelet، في حين استعاد بيلون Belon من دانيال باربارو Daniel Barbaro، سفير البندقية في لندن، صور بعض اسماء بحر الادرياتيک، والمتوسط، وبحر ايجه واليونتيك « التي رسمها رسامه بيليني (Pelinio).

القيمة المتفاوتة للرسموم - الا ان القيمة المستندية لهذه الرسوم متفاوتة . ان الكليشهات العابرة او النقالة كثيرة للغاية، وهي تنتقل بالعبارة او بالكز من كتاب الى آخر (راجع المسوخ لـ باري). فضلاً عن ان الكثير منها مزعوم ومشوه اما بفعل التراث الفني القديم، مثل صورة الدلفين، واما بايحاء غير واضح اسمي، او خرافي مثل القهقريان (Amphisbène) لونيسر (Lonicer). واخيراً هناك منها ما هو غير صحيح .

وعلى الرغم من قربونات الخطافين الياسك مُثَّلَ فون كوب (J. Von Cube) الحيتان بشكل جنيت بحر ثدية، وزودها غسner (Gesner) بنفسه بزعانف رهيبة ومتعددة . واعتبر بيلون (Belon) شاري الحوت، اللذين نُقِلَ عنها نافع التتوة [شريط تتزرن به النساء لينفخ التتوة]، وكانها شعر

المواجب عند هذه الحيتان . وهناك ما هو افضل بالنسبة الى هذه « الوحوش البحرية التي لها شكل الراهب » التي سبق ان اشار اليها البير Albert الكبير، وجون فون كوب J. Von Cube ؛ وقد اُهدي رسمٌ لها الى رونديليه (Rondelet) من قبل مارغريت دي نافار (Marguerite de Navarre) . وهي رسمة مرتبة تبرز العنوان الذي اطلق عليها مرة بعد مرة : وحش اصطناعي ؛ الفقمة ذات البطن الابيض ، أو الفقمة ذات المعطف والباقيات من الاخطبوطيات العملاقة .

اما زخرفيات لونييسر (Lonicer)، المدرجة في النص ، فهي قبيحة وصغيرة . اما رسومات رونديليه (Rondelet)، فعل الرغف من صعلكتها مثل رسومات بيلون ، فهي على العموم مضبوطة من حيث التفصيل ، في حين ان الـ 99 لوحة المحفورة لـ سالفاني (Salviani)، فهي على رغم جمالها ، لا تحسب الا حساباً تقريبياً للاشواك والغلاصم الخ .

اما رسومات غسner (Gesner)، فعل تفاهتها ايضاً ، الا انها على العموم دقيقة ، وخاصة ما يتعلق منها ببعض الفقرات البحرية المصورة بشكل جيد . واما محفورات كتاب ميشال هر (Michel Herr) الذي سبق ذكره فهي على العموم حسنة . ولا نجد أي أعمال مذهشة الا في مجال التشريح البشري، في هذه اللوحات الفحمة التي تمثل الهياكل العظمية المتكئة في وضع الحفار المفكر الذي رسمه رجل اسمه فان كالكار (Van Calcar) لـ فيزال

نركز ، في النهاية ، على المجلوب الايقوني الذي تم بفضل اكتشاف العالم القديم والذي عرض مع كولوكيوس لـ غارسيدا (Coloquios Garcia da Orta) . وخاصة بعد اكتشاف « الأراضي الجديدة » امثال صور : التاتو أو « قنفذ البرازيل » لبيلون وغيره الكثير من الكائنات التي رسم. كلوزيوس و الاسبانيون ظلها بشكل دقيق نوعاً ما . وهذا لا ينفي ان التزيين بالصور يؤدي الى مزيد من الواقع المصور الذي لم تتضمنه خطابات الاقدمين الكتيبة

الفصل السادس : علم النبات

ان اختراع المطبعة ذات الحروف المتحركة ، في اواسط القرن 15 ، قد طبع بدايات علم النبات الحديث . ولم تكن اليقظة تنسم في باديء الامر بشيء من الاصاله . وفجأة حدثت طفرة في المؤلفات : فصدرت اطالس سميت « معشبات » منها : ارباريوم ابولي (Herbarium Apulei) ، (روما 1481) ، وارباريوس زو دوتش (Herbarius zu Deutsch) ، لـ بيتر شوفر (Peter Schoffer) ، اورتوس سانيتاتوس (Ortus Sanitatis) ، (1491) ، واربولاي (Arbolayre) (باريس 1495) ، و« المعشب الكبير بالفرنسية » (1526) . الخ . ونالت نجاحاً كبيراً . إلا أنها لم تكن الا تجميعات ذات استعمال عادي ، وأدوات للدلالة على « البسائط من الأعشاب الطبية » . والرسومات فيها هي في أغلب الأحيان للزينة وتدخل في مجال الهواية الخالصة . والمحصل : عودة قوية الى العصور القديمة الاغريقية اللاتينية .

ومنذ القرن 16 ، نزعت دراسة النباتات الى التحرر من النير التقليدي والى ان تستقل بذاتها ولذاها . وبدأ تفحص الطبيعة ؛ وبدأ عصر الرحلات الكبرى والرحالة النباتيين . بالتأكيد ، لقد وقفوا طويلاً أمام الترجمة وأمام تفسير ديوسكوريد Dioscoride أو بلين Pline ⁽¹⁾ . انما على نفس الخط ارتسمت السمات العريضة التي سوف لن تكذب او تخيب ، والتي فرضها البحث عن معرفة مباشرة واضحة وقابلة للانتقال . وبدأ الاهتمام - وهذا نشاط جديد - بتجفيف النباتات وتجميع كتب

(1) ان النص الاغريقي « تاريخ النبات » و« في اسباب النبات » لـ ثيوفراست Théophraste ، ادخل في المجلد 4 من طبعة مبادئ ارسطو (البندقية 1497) واعيد طبعه سنة 1541 ونشرت الطبعة اللاتينية لـ تيوفيل الخزاي سنة 1483 واعيد طبعها عدة مرات في القرن 15 . وكان من اهم شراحها : رويل Ruel ، غسнер Gesner ، سيزالينو Cesalpino وزالوزنسكي Zaluzansky .

اما شروحات ديوسكوريد فقد نشرت ، لأول مرة ، باللاتينية سنة 1478 وبالاغريقية 1499 . 6 طبعات اغريقية و8 لاتينية) وانشرها طبعة ماتيويلي 1554 ؛ وكانت موضوع اعادة طبع مع رسومات خشبية سنة 1565 و3 ترجمات ايطالية ، و3 فرنسية الخ. صدرت لها قبل نهاية القرن 16 .

اما كتاب تاريخ الطبيعة لـ بلين Pline الذي طبع بعد 1469 فقد اعيد طبعه لا اقل من 18 طبعة (15 لاتينية و3 ايطالية) . وفي القرن 16 صدر له حوالي 50 طبعة لاتينية . ولكنه لم يترجم نسبياً الا قليلاً (الى الفرنسية 1562 والانكليزية 1601) . في حين صدرت له شروحات كثيرة جداً بمختلف اللغات .

الاعشاب ، مثل كتاب لوكا غيني (Luca Ghini) ، المفقود اليوم ، او كتاب تلميذه جيراردو سيبو (Gherardo Cibo) الموضوع فيها بين 1532 و 1540 ، والذي حفظ في المكتبة الانجيليكا في روما ، أو ايضاً كتاب الجراح الليوني جيروالت (Girault) الذي يرقى الى 1558 والموجود في ميزيوم باريس .

وفي القرن 16 ايضاً استعاد التصوير الايقوني (ايكونوغرافيا) النباتي نشاطه وهذا بعد 1530 ، مع كتاب «هرباروم فيفا ايقونة» (Herbarum vivae eicones) لـ اوتو برونفل (1489 - 1534) (Otto Brunfels) ، وهو كتاب تكثر فيه الصور البديعة ، والامينة الخالصة ، التي تعزى الى عبقرية هانز وينز (Hans Weiditz) ، كمال نجده عند فوز (هستورياسيريوم Historia Stirpium 1542) ، نيسو كروتريوخ (1543, New Kreüterbuch) وايضاً عند الكتاب الكبار الاخرين امثال : غسner (Gesner) ، بوك (Bock) ، ماتيويلي (Mattioli) ، لكلوز (L'Ecluse) ، او حتى عند دالشان (Dalechamps) ، الخ .

ولا يمكن لعصر النهضة الذي اتجب دور (Durer) وليونارد دافنشي ، وهما رسامان للنباتات في زمنها ، ان يعلم ما يعبر به عن نفسه هو ايضاً ، بوضوح .

وكذلك فن أو علم الوصف ، قد تثبت . ومرة واحدة بلغ كتاب امثال فالري كوردوس ، (Valerius Cordus) ، (1515-1544) ، او شارل لكلوز (Charles de l'Ecluse) (1526 - 1609) الذروة . وترك لنا كوردوس الذي توفي عن 29 سنة ، تاريخاً في النباتات ضم 500 نوعاً منها 66 جديداً . ودرست النباتات في أغلب الاحيان وهي حية في الطبيعة او مغروسة . وكان الوصف يستعمل فيه الافعال الناشطة (و.ت. ستيرن 1966, W.T.Stearn) ، وهي اي هذه الاوصاف تلقت النظر بما فيها من حيوية .

ومع فوز ودودن (Fuchs et Dodoens) دخلت المعجميات في كتب النباتات المنشورة . وبعد ذلك تطورت اللغة التقنية التي كانت حتى ذلك الحين بداية ، وذلك تمشياً مع الاحتياجات ومنع تطور المعرفة لتصل مع جانغ (1678) الى مستوى أصبح أساسياً .

وكانت الغاية تعريف ماهية النباتات المعروفة وغيرها ثم وصفها ، بصرف النظر عن خصائصها ثم تصنيفها بحسب معايير موضوعية : هذا هو الامر الذي تم السعي اليه وفي هذا مظهر اصالة عصر النهضة . وكان هناك في أغلب الاحيان ، كما سنرى حركتان متميزتان .

التصنيف ثم جردة النباتات والمغروسات - في القرن السادس عشر كانت العلوم الطبيعية ، وبصورة خاصة علم النبات محكومة بعبقرية قوية من نمط «العالم الموسوعي» الذي كان معروفاً في عصر النهضة ، وهو كونراد غسner (Conrad Gesner) (1516 - 1565) من زوريخ . عرف هذا العالم باستكشاف جبال الالب وايطاليا وفرنسا . وراسل العديد من المراسلين ، من انكلترا حتى بولونيا ، وكانوا يرسلون له المواد . وعندما مات ، كان قد وصف ورسم له أو رسم بنفسه ، عن الحي أو عن الجلامد ، العديد من مشات النباتات الجديدة وخاصة أغراس الجبال ارينجيوم ، رودوداندرون)

(*Eryngium, Rhododendron*) . وكانت عنده الهامات حول مفاهيم النوع والجنس . ونعرف عن طريق مراسلاته ، انه كان ينوي وضع أسس تصنيف طبيعي ، وزعم انه قد وصل الى ذلك باستخدام صفاة الزهرة والثمرة . وبهذا الطموح ، لا من حيث هو كذلك بل من حيث ما فيه من عزم وتصميم ، وضع غسner (*Gesner*) أصول علم النبات المنهجية الحديثة . وهذا الموقف سوف يقفه ايضاً ف. كولونا (*F. Colonna*, 1616) وكبار المصنفين في اواخر القرن السابع عشر . انما للاسف ، لم ينشر غسner (*Gesner*) الا كتالوفاً نباتياً واحداً ، (1542) ، اما انتاجه الضخم في علم النبات ، والذي كان ملحقاً في كتابه تاريخ النباتات الشهير فقد بقي غير مكتمل وظل غير مطبوع حتى القرن الثامن عشر . ولا نعرف ما هو تأثيره في تعليمه وفي حياته لو انه اصله في حياته .

واذا كان من غير الممكن ان نكتشف اية رغبة في تجميع الانواع لدى هذا اواذك من معاصري غسner أمثال أوتو برنفل (*Otto Brunfels*) وليونارد فويز (*Leonhard Fuchs*) (1501-1566) ⁽¹⁾ فإن هذه الرغبة تبدو لدى شخص مثل جيروم بوك (تراغوس) ، (*Tragus, Gerome Bock*) (1498 - 1554) تلميذ فويز ، او لدى روبرت دودون (*Rombert Dodoens*) (دودونوس *Dodonaeus*) (1518 - 1585) . وقد قويت هذه الرغبة عند هذا الاخير بين كتابيه ، كروت بوك - (*Crydt*) (*Boek*) لسنة 1554 ، وهو كتاب في « الاعشاب » نشر في اللغة الفلمنكية ، وترجمه الى الفرنسية لاكلوز (*L'Ecluse*) (1557) « وستيريوم هيسطوريا » (*Stirpuim historiae*) (1583) . وهو كتاب ممتاز ، وحديث في كثير من نواحيه ، وفيه وزعت النباتات بحسب خصائصها ، ولكنها وردت في كل كتاب مصنفة بشكل يميل الى التنسيق : القرعيات ، الصليبيات ، الصبوانيات . وكان دودون قد نشأ في مالينز (*Malines*) ودرس في لوفان ، وفي جامعات المانيا واطاليا . وكان مواظباً ومساعداً لمختلف علماء النبات ، وخاصة لاكلوز (*L'Ecluse*) ولويل . ويتحريض من كريستوف بلانتين (*Christophe Plantin*) وهو عالم بالطباعة وعجب لعلم النبات نشر دودون كتابه « الاعشاب » . وبعد 1552 ، بدت طبعة كيبير (*Kyber*) ، لكتاب ستيريوم ماكزيم ابروم (*Stirpium, Maxime earum*) . . . لـج. بوك (*J. Bock*) ، المقدم له من قبل غسner (*Gesner*) . بدا هذا الكتاب كفعل مرجل وغير مؤكد لولادة المجموعات النباتية الاولى : الشفويات ، القطنيات النجيليات والصبوانيات . ولكن الحركة كانت قد انطلقت : وسوف تنمو وتقوى بسرعة ، وخاصة مع كتاب بيار بينا (*Pierre Pena*) وماتياس لويل (*Matthias de Lobel*) او (لوبليوس *Lobelius*) : ستيريوم ادفارساريا نوبا (1570، *Stir- puim adversaria nova*) . وكانت المجموعات الوحيدة الفلقة والثنائية الفلقة ، والصليبيات ، والقرنفليات ، والشفويات ، والصبوانيات ، والقطنيات ، قد اخذت خصائصها حقاً . وهي لم يرد اسمها فيه . ولكن فكرة البحث عن اوجه التشابه كأساس للتصنيف قد توضحتم تماماً . وفي سنة 1576 اكمل لويل (*Lobel*) هذا العمل بنشرة اكثر اهمية في كتاب اسمه : بلانتاروم صو ستيريوم

(1) كان فوز ، طبيباً في ميونخ ثم انغولسباد وفي توينجن ، وقد عُرِفَ باكثر من 500 نبتة ، خاصة طيبة عدد اسمها وشكلها ومكانها وطبيعتها وخصائصها . ولكنه ذكرها بعدم انتظام . وكانت كتبه الصنيرة سهلة التداول وقد ساعدت كثيراً على نشر حب علم النباتات .

هستوريا،) *Plantarum seu stirpium historia*، مع 1486 صورة لم ينشر جزء كبير منها من قبل . واكمل كتابه ، بناء على تشجيع من كريستوف بلانتين (Christophe Plantin)، وفي سنة 1581 قدم عنه ترجمة مقرونة بفهرس من 7 لغات ، . وبمجموعة صور (اليوم) مؤلفة من 2491 صورة ، مع اشارة الى كل المندرجات السابقة حول مختلف الانواع . وكان في هذا اداة عمل سهلة جداً ، وكان لبني (Linné) يعود اليها غالباً .

وها نحن قد وصلنا الى ميزالين (Césalpin) : انديا سيزالينو (Andrea Cesalpino) او كيزالينو (Caesalpinus)، (1519-1603)، وكتابه « في نباتات القرن السادس عشر (1583) : كتاب أخذ ضخمة في عصره . وبعد سيزالينو (Césalpin)، وتقليداً له ، بدأ عهد علم النباتات بوعي تام في الحركة الكبرى التي سوف تحدده كعلم خاص . ولاول مرة برز نظام مركّز على تحليل كل أقسام النباتات ، وخاصة الزهرة والثمرة وبخاصة البهرة ، والدعوى التحليلية هي الدعوى التي تبناها تورنفور (Tournefort) بعد قرن من الزمن : فهو قد استند الى العدد ، والى موقع الاجزاء النسيجي ، والى اشكالها وبصورة خاصة الى موقع منخفض المبيض بالنسبة الى بقية اجزاء الزهرة .

وان كان سيزالينو (Césalpin) ارسطوياً متحمساً إلا أنه لم يضع تصنيفاً معرضاً عن الاستقراء وقد أسيء عموماً فهم المدى الحقيقي للمبادئ المسبقة بريم كام (Bremekamp) (1952) التي استند اليها . والواقع ليست هذه المبادئ مرشداً بقدر ما هي محاولة تبرير نظرية ولا حجة .

وقسمة النباتات الى ليفية خشبية من جهة والى عشبية من جهة أخرى كان ولا شك تنازلاً وميلاً الى تيوفراست . وهو انما سار به الى حد ما بعض المؤلفين الحديثين . وكذلك ، ورغم الاهتمام بالبهرة ، لم يعرف سيزالينو الفاصل الكبير بين وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة . بل ركز على اهمية التصنيف الاسمي الذي أعطي للنباتات التناسلية . وهذا التركيز هو وليد تحليل عميق واعتراف بالعمق الحقيقي للخصائص المدروسة ، اكثر مما هو ايمان بأفضلية ويسمو الوظيفة التناسلية . ورغم المبادئ الفلسفية المندثرة التي تمسك بها سيزالينو ، فقد وضع أسس المنهجية التي تولاهما من بعده تورنفور (Tournefort) وآل. جوسيو (A.L. de Jussieu)، والتي تتطلب الاهتمام بالسّمات والخصائص .

وقد أثبت فينس (Vines) وجود حركتين في علم النبات في القرن السادس عشر . الحركة التي تكلمنا عنها وفيها يوجد مصدر علمنا الحديث ، كما تكلم ايضاً عن حركة النباتين والوصافين ، الذين قلما اهتموا بالبحث عن الاطر وعن الاسس ، بقدر ما اهتموا بالوظائف الآنية للوصف . وهذه الحركة كان لها ايضاً ممثلون عظام امثال برونفل Brunfels ، فوز Fuchs وكورودس Cordus (الذين سبق ذكرهما .

وأحد أكثر مشاهير الوصافين في تلك الحقبة كان شارل دي لاكلوز (Charles de L'Ecluse) أو كلوزيوس (Clusius)، (1526 - 1609). ولد في اراس (Arras)، ودرس في مونبليه حيث اشتغل

سكربتياً عند روندليه (Rondelet). واعتبر من بين أشهر النباتيين في تلك الحقبة، من تلاميذه: يوهن (Bauhin)، لوبل (Lobel)، بينا (Pena) الخ. وكانت مونبيلي، لعدة قرون، ما كانت دائماً: مركزاً مهماً للبحوث في علم النبات. وقد اشتغل لاكلوز في النباتات، في أهم بلدان أوروبا، قبل أن يبدأ، في فينا، بإدارة جنائن الامبراطور ماكسيميليان الثاني، ثم استاذاً في جامعة ليد (Leyde). وقد ترك عدداً كبيراً من المؤلفات وخاصة (تاريخ في النباتات النادرة 1601)، وفيه وصف ورسم حوالي 1585 نبتة. وصنف كشجر وشجيرات، ونباتات بصلية ذات روائح جيدة أو فاسدة أو بدون رائحة، أو نباتات سامة أو مخدرة أو حريفة حادة، كما صنف ضمن فئات حليبية أو صوانية، أو سرخسية أو نجيلة أو قرنية. وإذا كان تصنيف شارل لاكلوز (Ch.de L'Ecluse) ناقصاً كثيراً، فإن اوصافه العلمية جداً، تدل على فكر مراقب ومطلع وأصيل. وباليه يعود الفضل في وصف عدد من الفطر صنفه كصالح للاكل، وكضار، او مفقر للدم.

وكان واحداً من الاوائل الذين غرسوا ودرسوا حبيبات البطاطة التي استوردت من الطرف الشمالي للاندلس حيث اكتشفت من قبل الاوروبيين سنة 1537 ووصلت الى اوروبا قبل 1570. واعتبرت هذه النبتة ومثلت، لأول مرة في اوروبا، في مؤلفات ج. يوهين (G.Bauhin, 1596) وجان جيرار (J.Gerard, 1597).

وفي ذات الوقت تقريباً ترك شخصان من بال، هما ابنا طبيب أميان، الاخوان يوهين: جان (Jean Bauhin) (1541-1612)، وغسبار (Gaspard Bauhin) (1550-1634)، مؤلفاً مهماً. واصبح جان، وكان معلمه فوز (L.Fuchs)، طبيب دوق وورتمبرغ (Wurtemberg). ومكث في مونبيلير، وجمع عناصر كتابين نشر بعد موته: هيستوريا بلاتنارم برودرومو (Historia plantarum) (1619) (prodromus)، وهيستوريا اينفرساليس بلاتنارم (Historia universalis plantarum) (1650-1661). وكان هذا الكتاب الاخير يقسم الى 40 بحثاً. وقد زين بـ3426 صورة اخذت جزئياً من فوز (Fuchs) وتعطي وصفاً لـ5226 نبتة. والحق يقال انه مجموعة ضخمة تضمنت كل ما كتب حول النباتات منذ العصور القديمة. وقد تراسل جان يوهين (J.Bauhin) مع أغلب النباتيين في عصره. ونشر سنة 1594 الرسائل التي تبادلها مع غسبر (Gesner).

أما بحث غسبار يوهين (Gaspard Bauhin) فكان أكثر أهمية. فقد سبق له في كتابه فيتوبيناكس (Phytopinax - 1596) أن عرف بـ2700 صنف مع تفرعاتها. ومنها البطاطا التي وصفها حقاً بالاسم الذي احتفظت به فيما بعد. ولكن كتابة بيناكس تياتري بوتانيي Pinax theatri botanici (1623) هو الذي كرس مجده. انه عمل تشريعي كان له تأثير كبير على تورنפור (Tournefort) وعلى ليني (Linné). وهو قد أبرز اهتماماً بالمعرفة وخاصة بالتوضيح وهما أمران غير معروفين حتى ذلك الحين. كان يوهين يعين كل نبتة، وقد تعرف على 6000 منها، باسم لاتيني ملائم لما اصبح، بعد 70 سنة من تاريخه، «النوع»، والحقه بنعتين أو ثلاثة نعت تدل على الجنس: انها مسودة المصطلحية الثنائية التي فرضها فيما بعد ليني. فضلاً عن ذلك، كان يذكر لكل جنس الاسماء التي اعطيت له

سابقاً . والظل الوحيد المخيم على هذه الميزات ، هو ان تصنيفه لم يدل ، وهذا اقل ما يمكن ان يقال ، على اي تقدم يميزه عن تصنيف سيزالينو ، الذي سبقه بنحوالي نصف قرن .
ويمكن ان نذكر أيضاً من بين المؤلفين الفرنسيين ، ريش دي بلفال Richer de Belleval (1564-1632) وجان دالشان (J. Dalechamps, 1513-1588) وجان رويل (Jean Ruel) (1479-1537) الخ . وكان الأول قد حفر على النحاس أكثر من 500 لوحة تمثل نباتات بيرنيه والالب والسيفن . وكثير منها كان جديداً . وللأسف لم تسحب هذه اللوحات ، والبعض منها استخدمها جيلبرت (Gilbert) في « استعراضاته » النباتية (1789) . كان دالشان (Dalechamps) معلقاً ومفسراً بلبلين وطيبساً في ليون فاستطاع ان يستغفر في منطقة غنية جداً بالنباتات . و امر بحفر رسوم الاغراس التي تلقاها من لويل ولاكلوز الخ ، ونشر مع ديمولين (Desmoulins) ، سنة (1587) « تاريخاً عاماً للنباتات » وفيه 2731 رسمة على خشب ، ويدل الاضطراب على مقدار الحاجة الى التصنيف . فضلاً عن ذلك قد يظهر نفس النوع في نوعين او ثلاثة أنواع مختلفة . ونشر رويل (Ruel) ، وهو عميد كلية الطب في باريس ، سنة (1536) « دي ناتورا ستيربيوم » (Natura stirpium) وهو مرجع بحق للمعارف النباتية في زمانه .

نشير ايضاً الى بعض المؤلفات ذات الاهمية الاقل . المجموعة الكبيرة لـ اوليس الدروفاندي (Ulisse Aldrovandi) وهي تتضمن بصورة خاصة « علم الأشجار » . ونشر ج. دوشول (J. Duchoul) وآدم لويسر (Adam Lonicer) بعض المعالجات الاصلية جزئياً . ووصف الالماني ت. تابيرنامونتانوس (Th. Tabernaemontanus) (برغزابرن) (Bergzabern) ، تلميذ بوك (Bock) ، سنة (1590) في كتابه « صور نباتية » ، (5800) نوعاً مقروناً بـ 2480 رسمة نقلها عن مراجع مختلفة لم يذكرها . وقد أعيد طبع هذا الكتاب سنة 1687 فساعد على تقدم علم النبات . وكان لا بد من انتظار القرن 17 ، حتى اخذت تظهر نماذج مرتبة بكل النباتات في بلد معين . وبالنسبة الى الحقبة التي نعتينا ، وعدا عن اعمال النباتيين المستكشفين الذين سنذكرهم فيما بعد ، لم تكن قد صدرت الا نشرات قليلة تستحق اسم « عالم النباتات » . وقد سبق ان ذكرنا كتب فوز (Fuchs) وغسفر . نذكر ايضاً ان غسفر أصدر سنة 1561 دراسة ارضية لـ ف. كوردوس (V. Cordus) (بعد موته) مخصصة بنباتات ايطاليا . وكانت الصور جميلة ، ولكنها كانت صغيرة ومرتبطة بدون اية منهجية . وبدأ ش. لاكلوز (Ch. L'Ecluse) بدراسة نباتات اسبانيا والنمسا . واعطى ثاليوس (Thalios) سنة 1588 ، مجموعة نموذجية بنباتات غابلت تورنج . ونشير ايضاً الى أن فر. كالتزولاري (Fr. Calzolari) وج. ف. بونا (J.F. Pona) درساً نباتات مونتي باللو الخ .

بينة النباتات ووظائفها - اذا لم يكن بالامكان الكلام ، في هذه الحقبة ، عن تشريح نباتي وعن علم وظائف النباتات ، فان ملاحظات سيزالينو (Césalpio) تستحق اشارة خاصة . فهو يرى ، كما ذكر في مطلع كتابه « دي بلاتي لييري » 16 « (1583) انه يمكن رد مبدأ حياة النباتات الى ثلاث وظائف: الغذاء والنمو والتوالد . الا ان النباتات ليس لها مثل الحيوانات ملكة الاحساس والحركة ، فان تنظيمها وان شابه تنظيم الحيوانات ، فانه لا يستدعي الا اجهزة اقل تعقيداً . ثم انه يعتقد ان النباتات

لها روح موقعها في اللباب ، في نقطة التقاء الساق والجذر اي عند الرقبة التي يعتبرها بمثابة قلب النبتة . من هذه النقطة الاساسية تنطلق من جهة ، نحو الاسفل ، الجذور التي لها دور الفم لدى الحيوانات ، او بالاحرى لها دور المعدة الحقة ، تمتص وتهضم العصارة الغذائية . ومن جهة اخرى ، ونحو الاعلى ، ينطلق الجذع المنتهي بالازهار التي تحيط اجزؤها بالثمرة ، كما تحيط الاغشية عند الحيوانات بالجنين .

واذن فالنباتات تشبه الحيوانات التي رأسها الى اسفل . وكما هو الحال ، بالنسبة الى الحيوانات ، فان النسخ يرتفع عبر الجذور ، ثم عبر الجذع ، لكي يرتد الى الرقبة من الاوراق ، تماماً ، كما هو الحال عند الحيوانات ، حين ينطلق الدم في الشرايين ثم يعود اليه عبر الاوردة . وقد لاحظ سيزالپينو (Cesalpino) ان هذه المنطقة المميزة ، وهي العنق او الرقبة ، تتوافق مع نقطة سماها « كوركولم » واقعة فوق او تحت البذور .

وعقب هذه الحقة وصف ف. كوردوس (V.Cordus) الذي اكتشف الدرنات البكتيرية للجذور (وغارسيا دا اورتا (Garcia da Orta) ، حركات الاوراق ، لدى القرينات وحاول تفسيرها .

الجنس - اشار ج. بونتانوس (J.Pontanus) سنة 1505 الى وجود نخل « بلح » من جنسين مختلفين . ولكن كاتباً فارسي القزويني اشار منذ القرن 14 ، الى هذه الواقعة ، بكلمات واضحة جداً وتستحق الذكر : « ان النخلة تشبه الانسان تماماً . . . من حيث قسمتها الى جنسين متميزين : ذكر وأنثى ، ومن حيث خصوصيتها انها تخصب بنوع من الجماع » .

وفي سنة 1592 ، حقق ب. آلبينو (P.Alpino) على النخيل ، أول تجارب الاختصاص الاصطناعي ، وهي عملية عرفها البابليسون من قبل . وبذات السنة أكد آ. زالوزانسكي (A.Zaluzansky) ، بناء على افكار بلين (Pliny) ، ان كل النباتات تحمل اعضاء ذكورة او أنوثة ، مرة مجمعة ، ومرة منفصلة ، وفوق سوق مختلفة . ولاحظ سيزالپينو ايضاً ، في حشيشة الزنبق أو الخربق أو الحلوب أو القتب ، وجود نوعين من السيقان ، بعضها عقيم اجلب ، وبعضها مخصب ، وذلك عند وجودها في جوار البعض العقيم ، حيث يفترض ان يأتيها « دق » من شأنه اختصاصها .

ومن جهته وصف ج. ماناردي (G.Manardi) ما وصفه لبني بالثبر وقام ف. كوردوس (V.Cordus) بمراقبة تناسل السرخسيات .

النبات الطبي - ان الاهتمام الموجه ، منذ نهاية القرون الوسطى ، نحو دراسة كتب علماء الطبيعيات من الاقدمين يتأى بصورة اساسية من أن هذه النصوص تشير الى الخصائص الطبية للنباتات . وغالبية علماء النبات القدامى كانوا بالواقع اطباء وصيدلة ويتمون قبل كل شيء « بخصائص البساط » : (الأعشاب الطبية) .

وطور باراسلس النظرية الغربية « سيناتور بلاتنارم » وعوجها هناك تشابه في الشكل بين مظهر اعضاء النبات والامراض التي يفترض بها ان تشفيها . مثلاً أن بقلة الخطاطيف ، (خشخاشية) ذات

« الدم » الأصفر تشفى من مرض الريقان . اما اليليك ذو الاوراق القلبية الشكل فيشفى من امراض القلب . اما « ذات الرئة » واسمها مشتق بالضبط من كون صفيحة اوراقها ، الذي يذكر عموماً بجيوب الرئة ، فهي توصف ضد امراض الصدر .

وكان احد الذين ساهموا اكثر في نشر هذه العقيدة هو جيام باتيستا دلا پورتا (Giam - Bat - tista della Porta ، 1535 ? - 1615) الذي عمل في كتابه « فيتوغنومونيكا » (1588) من اجل البحث ومن اجل تصوير هذه الماثلاث العرضية بين الاوراق والقمر (صورة 14) ، وبين الجذور والشعر ، كما هو الحال في « كزبرة البير الشعرية » : أو أيضاً مشابهة بعض الزهور مع الحشرات أو مع الفراشات .

ولكن هذه الآراء سرعان ما حوريت ، وخاصة من قبل آ. فان در ميغل (A. Van der Spiegel) بعيد 1606 . ورغم ذلك ظلت مقبولة لمدة طويلة . وقد صدر العديد من النشرات « تراكتاتوس دوسيفانتوروس » (Tractatus de signaturis) ، حتى القرن الثامن عشر ، بشأنها .

وعالج العديد من المؤلفات الاخرى موضوع شفاء الامراض بالاعشاب . ونشرت مجموعات وسيطة : « لير بانديكاروم ميديسينا » لـ م. سيلفاتيكوس (M. Sylvaticus) (1474) ، « لير دي سامبليسي مديسينا » لـ م. بلاكارايوس (M. Platearius) (1497) ، « لير آغرغاتوس ان مديسينس » لـ ج. سيراپيون (J. Serapion) (1473) . ومن بين المعالجات الحديثة « نذكر الفحص الطبي البسيط » للايطالي برازافولا (Brasavola) (1536) وكتاب جاك دوبوا (Jacques Dubois) (سيلفيوس) حول تحضير « الادوية البسيطة » (1542) ثم « البساط » لـ أنغيارا (1561) ، ثم كتاب ر. كونستانتان (R. Constantin) حول الصيدلة البروفنسية (1597) . وفي المانيا ، وفيما كان اوروسيوس كوردوس (Euricius Cordus) يعرض افكاره حول مرادفات النباتات (بوتانولوجيكون) (1534) كان ابنه فالري كوردوس (Valerius) يضع دراسة مهمة حول نباتات المانيا وايطاليا ، ارفقها بتعليقاته حول ديوسكوريد ، ونشرها له غسر سنة (1561) وكتاباً « الضروري في علم الصيدلة » (1546) والذي ترجم الى الفرنسية سنة 1578 في ليون تحت عنوان « مرشد الصيدلة » .

الجنائن النباتية وعلم الزراعة - شجع نشر العديد من الكتب حول التداوي بالاعشاب (Hortus Sanitatis) في تلك الحقبة على الزراعة المنهجية للاعشاب الطبية في الايريه والمدن الجامعية . وكان الغرض من هذا ابراز النباتات امام الطلاب ثم درس خصائصها . هكذا انطلقت الجنائن النباتية الاولى التي انشئت في ايطاليا الشمالية ، وهي منطقة ذات طبيعة ملائمة بصورة خاصة . وكان من أقدم هذه الجنائن البستان الذي أسسه لوقا غيني (Luca Ghini) في بيزا سنة (1543) . وبعد ذلك بقليل ، تأسس بستان آخر في بادو من قبل بوتافيد (Buonafede) ، وكان اول مدير له-اوستانسور سمبليسيوم (Ostensor simplicium) ، لوجي أنييارا (Luigi Anguillara) . وتأسس بستان آخر في فلورنسا حوالي 1550 . وسارت هولندا على هذا الطريق : ان بستان علم

النبات في ليد يعود الى (1587). وفي ألمانيا انشئ بستان ليزيغ (Leipzig) سنة (1580). وفي باريس أقام ن. هويل (N.Houel) « بستان الصيادلة » سنة (1576) وأسس ر. بيلفال (R.de Belval) البستان العلمي في مونبليه سنة (1598).

ويعد 1533 أصدر الطبيب الانساني المشهور ، في ليون ، س. شامبيه (S.Champier) كتاباً هورتوس غالليكوس (Hortus gallicus) و« كامبوس اليزوس غاليا » (Campus elyseus galliae). ونشر شارل اتيان (Charles Estienne)، ابن الناشر الشهير هنري اتيان (Henri Estienne) عدة كتب عن البستنة جعلت منه طليعة من الطلائع التي سبقت اوليفيه دي سر (Olivier de Serres).

وتعاون مع صهره ليبولت (Liébault) في « الزراعة والبيت الريفي » (1564). ويعد 1540 أقام ب. بيلون (P.Belon) في توفوا ، في السارت ، « مغرساً » ذكره رابليه (Rabelais) الذي اهتم كثيراً بتدجين النباتات. ومن بين اوائل المهندسين الزراعيين الفرنسيين نذكر أيضاً دافي دي برومار (Davy de Brossard)، وميزولد ولونديريك (Mizauld et Londric).

ونشر الألماني يواكيم كاميراريوس (Joachim Camerarius)، سنة (1588)، فهرساً بالنباتات التي غرسها في جينته في نورنبورغ. ومن بين رسومه الممتازة، نذكر رسومات استنبات النخل البلح ، والأغاف (Agave) الأمريكي. وتجدد الإشارة أيضاً الى المؤلف الوحيد المتعلق بتسجيل الصور والرسوم ، الذي وضعه ب. بيسلر (B.Besler)، المكلف بالاشراف على جينية سان ـ وايلدبالد. ويتضمن الفهرس الذي نشره ، والذي يعود الفضل فيه ، في معظمه الى ل. جينجرمان (L.Jungermann)، وصفاً لكل النباتات المغروسة ، والمرتبة بحسب انتظام تفتيحها وتزهيرها ، قام به ستة رسامين حفارين مختلفين بواسطة لوحات نحاسية رقيقة جداً وملونة تلوينا مدهشاً باليد .

نشر العالم النباتي الانكليزي وليم ترنر (William Turner)، في لندن ، وضمن ثلاثة أقسام (1551، 1562، 1568) كتابه « نيوهبال » (New herball). وفيه شدد على الصفة التفاضلية في الانواع التي رتبها بحسب الترتيب الابجدي لاسماها اللاتينية. وكان الانكليز يتمتعون دائماً وكثيراً بفن التفصيل .. ووصف جون باركينسون (John Parkinson)، في سنة (1629)، في كتابه « جنائن العمق وجنائن الأرض » (باراديزي ان صول باراديزوس ترستري) (Paradisi in sole, Paradisus terrestris) أكثر من 7000 غرسة ، تستطيع العيش في مناخ الجزر البريطانية. ويتم التصنيف المختلف والمتنفر ، مرة على أساس الخصائص الطبية للأغراس ، ومرة على أساس موطنها. ويمتاز هذا الكتاب بأنه يشير ويرسم أهم انواع الأغراس المستغلة والزروعة يومئذ ، نثير اخيراً الى ان جون جيرار (John Gerard) انشأ ، في هولبورن ، قرن لندن ، سنة (1595-1596) جينية نباتية شخصية نشر عنها بياناً مفهراً بعد (1596 - 1599).

اوائل النباتيين المسافرين - أدى اكتشاف اميركا من قبل كريستوف كولومب ، سنة (1492) ، واكتشاف رأس الرجاء الصالح ، وطريق الهند الشرقية البحرية من قبل فاسكو دي غاما سنة

(1497)، إلى افتتاح عهد المسافرين النباتيين . تنظر الآن إلى أعمال هؤلاء الحجاج النباتيين الذين لم يترددوا رغم المصاعب والاختطار ، ورغم بطء الاسفار في تلك الحقبة ، مدفوعين بحب المغامرة وبالرغبة في الاكتشاف ، في اجتياز البحار ، وقطع الجبال ، والغوص في الغابات البكر ، لكي يعرفونا بنباتات مجهولة تماماً حتى ذلك الحين .

في المقام الأول بينهم يقف بيار بيلون (Pierre Belon) (1517-1564) وأصله من السارت، وهو تلميذ ف. كوردوس في وتنبغ (V. Cordus). وكان تحت حماية الكردنال دي تورنون (Tournon) ، وذهب إلى الشرق وزار ، من سنة 1546 إلى 1549 اليونان وتركيا ، وآسيا الصغرى ، وجزر البحر المتوسط ومصر وفلسطين . ونشر سنة (1553)، حكاية عدة غرائب لاحظها في هذه البلاد . وقد أعيد طبع كتابه سنة 1588 ، مع صور جيدة محفورة على خشب ، وترجم إلى اللاتينية من قبل شارل لاكلوز (Ch.d'Ecluse). وفيه يجري لأول مرة وصف نباتات من الشرق (كما يدل على ذلك اسمها الخاص : بلاتانوس اورينتاليس Platanus orientalis ، كوكاليس اورينتاليس Caudalis (Caucalis orientalis، الخ). ولكن ب. بيلون (P.Belon) اهتم بالاستعمال العملي لهذه النباتات ، أكثر من اهتمامه بوصفها العلمي السليم .

وقدم أندريه ثيفت (André Thévet) في كتابه « كوسموغرافيا الشرق » (Cosmographie du Levant)، في سنة (1554)، قصة رحلة إلى فلسطين وإلى آسيا الصغرى . وحملته رحلة إلى اميركا الجنوبية إلى نشر « غرائب فرنسا القطب الجنوبي » (1558) . وكان فكراً متفتحاً ، انما قليل الانتظام ، فجمع بدون روح نقدية كبيرة كل ما عثر عليه : أسلحة ، خزفيات ، نباتات ، حيوانات أو معادن .

وتقاسم مع جان نيكوت (Jean Nicot) (1530? - 1600) الذي كان سفيراً في لشبونة (حيث كان التبغ منتشر جداً) ومع الايطالي ج. بانزوني (Gi.Banzoni) الذي كان يقيم في اميركا سنة 1541 إلى 1560 فضل التعريف بالبتون (Petun) أو التبغ ، وهي نبتة جديدة سميت لهذا السبب « نيكوتيان » .

وذهب الألماني ل. راوولف (L.Rauwolf) سنة 1573 ، إلى الشرق وزار بلدان الشرق ، مرسلًا للبحث عن الادوية والمقابر . وظهرت اول طبعة عن تقريره حول رحلته سنة 1583 . وقد استعمل كتابه « النباتي » سنة 1755 ، من قبل غرونوفوس ، عندما نشر كتابه « فلورا اورينتاليس » (Flora orientalis)، حيث ورد ذكر لاستعمال البن وعُرف الايطالي - بروسبيرو البينو (Prospero Alpino) - وكان رجلاً عسكرياً وطبيباً ثم استأذناً في بادو ، سنة 1592 ، ببحوالي تحسين نبتة جديدة من مصر مثل الليسيم (Lycium)، واكاسيا السنغال ، وشجرة البن⁽¹⁾ الخ . ووصف أيضاً نباتات متنوعة من جزيرة كريت ، في كتاب له نشر بعد وفاته ، من قبل ابنه سنة (1627) . وزار

(1) لقد ذكر راوولف (1581) البن . اما اول وصف اقتصر على الاثمن فقد قدمه ش. دي لاكلوز (1574) استناداً لمرجع في إيطاليا .

م. غيلاندينو (M. Guilandino) (= ويلند (Wieland) سوريا ومصر . ونحن مدنيون له يبحوث حول اوراق البردى - بابيروس بلين - (Papyrus de Pline) وحول مرادفات الكلمات بين القدماء والمحدثين .

وقبل اكتشاف اميركا بأربعين سنة زار البحار البندقي كادا موسسو (Ca da Mosto) جزر الكناري وماديرا والشواطئ الغربية من افريقيا ، حيث اكتشف ، بعد 1455 ، شجرة البواب (Baobab) (التي سوف يعود الى اكتشافها من جديد أدنسون (Adanson) وكذلك « دراكانا دراكو » (Dracaena Draco). ونشر هرنانديز دي اوفيدو اي فالديز (Hernandez de Oviedo y Valdès) ، القيم على العالم الجديد من سنة 1525 الى 1535 «تاريخ الإندياس العام والطبيعي» (Historia general y natural de las Indias) وفيه ذكر شجرة الجوافة والأفوكاتو. ونشر العالم لوبيز دي غومارا، (Lopez de Gomara)، الميسر الكناري الاصل ، في سنة 1552 ، «تاريخاً جديداً» وفيه يوجد ، لأول مرة ، ذكر لشجرة الكاكاو ولتختلف النباتات المهمة في المكسيك . ورافق الفرنسي جان دي لري (Jean de Léry) (1534 - 1611) الشفاليه دي فيلغون- (Chevalier Ville-gaignon) في رحلته الى البرازيل ورسم تاريخها سنة (1598) في كتاب نجد فيه بعض المعلومات عن الاشجار والاعشاب والجذور والاثمار الشهية . وذهب مارتن دل باركو (Martin del Barco) الى باراغوي سنة 1573 وفيها لاحظ «الحساس» (المستحبة) زهرة الألام. ونشر ن. موناردس (N. Monardes) في اشبيلية ، من 1565 الى 1574 دراسة مهمة حول النباتات في « الهند الغربية » . وقدم شارل دي لاكلوز (Ch. de L'Ecluse) عنها ، في سنة (1574) نسخة لاتينية ترجمها آكلون (A. Colin) الى الفرنسية سنة (1602)⁽¹⁾.

وتضمنت قصة رحلة الهولندي لنشوتن (Linschootten) الى الهند الشرقية والى الاقياوس الهندي ، والمنشورة في لاهاي سنة 1599 وصف شجرة المانغا و« عشبة زينب » او المسك الرومي . . ونشر البرتغالي غارسيا دي اورتا - (Garcia da Orta) وقد كلف ، سنة 1534 ، كطبيب أول لمرافقه كونت دي رودونديو (Redondo) ، نائب الملك في الهند - في غورا كولوكيوس دوس سامبل ي دروغاس . . . « Coloquios dos simples, e drogas) (1563) والذي ترجم الى اللاتينية والفرنسية. ونشر كريستوفال آكوسا (Christoval Acosta) وهو يسوعي برتغالي اقام طويلاً في « الهند الشرقية » كتاباً اسمه ايضاً « الادوية = Drogas » سنة 1578 معتمداً كثيراً على غارسيا دا اورتا (Garcia da Orta) .

اما الكتب التي صدرت في اواخر القرن 16 مثل « هورتوس ماديكوس » (Hortus medicus) ل.ج. كاميراريوس (J. Camerarius) (1588) وبصورة خاصة « فيتوبازانوس » (Phytobasanos) لفابيو كولونا (Fabio Colonna) (1592) فتدل من حيث نوعيتها على انغماسها

(1) راجع ايضاً في القسم الرابع، الفصل عن « العلم في اميركا المستعمرة » .

في الوصف وفي التصوير ، وهذا ساعد على التقدم في معرفة 'نباتات بالنسبة الى القرن الماضي . وهذا ما لم ينفك تورنفور (Tournefort) ، بعد قرن من الزمن من المطالبة به مثل معلميه : غسر وسيزالينو وكولونا (Gesner, Cesalpino, Colonna) ⁽¹⁾ .



صورة 14 - تشابه شكل أوراق نبتة « البرنزيكيوم لوتاريا » مع شكل الهلال (عن ج . ب دلا بورتا) ميتو غنو مومينكا .

(1) نحن نشكر م . ج . هيمار دنكر الذي اعاد قراءة مسودتنا واقترح علينا ادخال بعض التحسينات بخصوص النباتين الرحالة .

مراجع القسم الأول

التاريخ العام

Histoire générale : On trouvera un exposé d'ensemble des événements au cours de cette période dans *Les débuts de l'âge moderne* (H. HAUSER et A. RENAUDET, 3^e éd., Paris, 1946), *La prépondérance espagnole (1559-1660)* (H. HAUSER, 3^e éd., Paris, 1948) et dans les volumes 3 et 4 de l'*Histoire générale des Civilisations : Le Moyen Âge* (E. PERROY, 5^e éd., Paris, 1967), *Les XVI^e et XVII^e siècles* (R. MOUSNIER, 5^e éd., Paris, 1967). Des bibliographies détaillées sont données par la collection « Clio » : t. V, *L'élaboration du monde moderne* (J. CALMETTE, 3^e éd., Paris, 1949), et t. VI, *Le XVI^e siècle* (H. SÉE, A. REBILLON et E. PRÉCLIN, Paris, 1950). Voir également L. FEBVRE, *Le problème de l'incrédulité au XVI^e siècle : la religion de Rabelais*, Paris, 1947 ; E. GARIN, *Il Rinascimento. Significato e limiti*, Florence, 1953 ; J. W. THOMSON et divers, *The civilisation of the Renaissance*, University of Chicago Press, 1929 ; L. FEBVRE et H.-J. MARTIN, *L'apparition du livre*, Paris, 1958.

مرجعية إجمالية

Bibliographie d'ensemble : G. SARTON, *Horae, a guide to the history of science and civilisation* (Waltham, Mass., 1952) ; F. RUSSO, *Histoire des sciences et des techniques. Bibliographie*, 2^e éd., Paris, 1969 ; W. P. D. WIGHTMAN, *Science and the Renaissance. An annotated bibliography...*, 2 vol., Edimbourg-Londres, 1962 ; J. C. POGGENDORFF, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*, 2 vol., Leipzig, 1863 ; les bibliographies périodiques publiées par le *Bulletin signalétique du C.N.R.S.* et la revue *Isis* ; enfin les comptes rendus d'ouvrages publiés par les principales revues d'histoire des sciences.

دراسات تختص بمجمل العلوم

Études touchant à l'ensemble des sciences : M. CLAGETT, ed., *Critical Problems in the History of Science*, Madison, 1959 ; A. C. CROMBIE, *Histoire des sciences de saint Augustin à Galilée*, 2 vol., Paris, 1959 ; Id., ed., *Scientific change*, London, 1963 ; A. C. KLEES, *Incunabula scientifica et medica (Osiris, t. 4, 1938, pp. 1-359)* ; L. THORNDIKE, *Science and thought in the fifteenth century*, New York, 1929 ; Id., *History of magic and experimental sciences*, vol. 4-6, New York, 1934-1941 ; A. MIELI, R. PAPP et J. BABINI, *Panorama general de historia de la ciencia*, vol. 3-6, Buenos Aires, 1950-1952 ; A. WOLF, *A history of science, technology and philosophy in the XVIth and XVIIth centuries*, 2^e éd., Londres, 1950 ; A. R. HALL, *The scientific revolution, 1500-1800*, Londres, 1954 ; G. SARTON, *The appreciation of ancient and medieval science during the Renaissance*, Univ. of Pennsylvania Press, 1955 ; Id., *Six Wings, men of science in the Renaissance*, Indiana Univ. Press, 1957 ; Divers, *La science au XVI^e siècle*, Paris, 1960 ; M. BOAS, *The Scientific Renaissance, 1450-1630*, Londres, 1962 ; R. M. PALTER, ed., *Toward Modern Science : II. Studies in Renaissance Science*, New York, 1961 ; M. DAUMAS, éd., *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; A. KOVŘE, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, 1966 ; St. d'INSA, *Histoire des Universités*, Paris, 1935 ; R. W. T. GUNTER, *Early science in Oxford*, 14 vol., Oxford, 1920-1945 ; A. LEFRANC, *Histoire du Collège de France*, Paris, 1893 ; *Le Collège de France (1630-1930)*, Paris, 1932 ; F. A. YATES, *The French academies of the XVIth century*, Londres, 1947 ; P. A. CAP, *La science et les savants au XVI^e siècle*, Tours, 1867 ; A. M. SCHMIDT, *La poésie scientifique en France au XVI^e siècle*, Paris, 1938 ; Divers, *Le Soleil à la Renaissance : sciences et mythes*, Paris, 1964 ; P.-H. MICHEL, *La cosmologie de Giordano Bruno*, Paris, 1962 ; B. GILLIS, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964 ; M. DAUMAS, éd., *Histoire générale des techniques*, t. II : *Les premières étapes du machinisme*, Paris, 1965.

الرياضيات

Mathématiques : Les anciens ouvrages de A. C. KIRSTEN, *Geschichte der Mathematik*, 4 vol., Göttingen, 1796-1800, de J.-F. MONTUCLA, *Histoire des mathématiques*, 2^e éd., 4 vol., Paris, 1799-1802, et de M. CHASLES, *Aperçu historique sur le développement des méthodes en géométrie*, 2^e éd., Paris, 1875, sont encore très utiles. Parmi les ouvrages plus récents : M. CANTON, *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, vol. 2, 3^e éd., Leipzig, 1907, est toujours indispensable. Voir également : P. BOUTROUX, *Principes de l'analyse mathématique*, 2 vol., Paris, 1914-1919 ; D. E. SMITH, *History of mathematics*, 2 vol., Boston, 1927-1930 ; G. LORIA, *Storia delle matematiche*, 2^e éd., Milan, 1950 ; O. BECKER et J. E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, Bonn, 1951 (trad. fr., Paris, 1956) ; J. E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, erster Teil, 2. Auflage, Berlin, 1963 ; N. BOUDAKI, *Éléments d'histoire des mathématiques*, 2^e éd., Paris, 1969 ; P. DEDRON et J. ITARD, *Mathématiques et mathématiciens*, Paris, 1959 ; H. G. ZEUTHEN, *Geschichte der Mathematik im XVI. und XVII. Jahrhundert*, Leipzig, 1903 ; J. TROPKE, *Geschichte der Elementarmathematik*, vol. 1-4, 3^e éd., Berlin, 1930-1939 ; vol. 5-7, 2^e éd., Berlin, 1921-1924 ; A. VON BRAUNMÜHL, *Vorlesungen über die Geschichte der Trigonometrie*, Leipzig, 1900-1903 ; F. CAJON, *History of mathematical notations*, 2 vol., Chicago, 1928 ; J. L. COOLIDGE, *The mathematics of great amateurs*, Oxford, 1944 ; F. BORTOLOTTI, *Studi sulla storia delle matematiche in Italia*, 2 vol., Bologna, 1928-1941 ; D. E. SMITH, *Rara arithmetica*, Boston, 1908-1939 ; H. MORLEY, *The life of Giralamo Cardano*, 2 vol., London, 1851 ; O. (J.) RSK, *Cardano the gambling Scholar...*, Princeton, 1953 ; E. PANOFKY, *Albrecht Dürer*, 2^e éd., Princeton, 1945 ; S. STEVIN, *The principal works*, 5 vol. en 6 tomes, Amsterdam, 1955-1966.

علم الفلك

Astronomie : J.-B. DELAMBRE, *Histoire de l'astronomie au Moyen Age*, Paris, 1819 ; Id., *Histoire de l'astronomie moderne*, 2 vol., Paris, 1821 ; J. BERTRAND, *Les fondateurs de l'astronomie moderne*, 5^e éd., Paris, 1874 ; J. L. DREYER, *Tycho Brahe*, Edimbourg, 1890 ; Id., *History of astronomy from Thales to Kepler*, 2^e éd., New York, 1954 ; Id., ed., *Tychonis Brahe Opera Omnia*, 15 vol., Copenhagen, 1913-1929 ; F. R. JOHNSON, *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore, 1937 ; E. ZINNEN, *Entstehung und Ausbreitung der Copernicanischen Lehre*, Erlangen, 1943 ; A. KOYRÉ, *Copernic. Des révolutions des orbis célestes* (trad. franç. et commentaire du livre I du *De Revolutionibus*), Paris, 1934 ; Id., *From the closed world to the infinite Universe*, Baltimore, 1957 (tr. *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, 1962) ; E. ROSEN, *Three Copernican Treatises*, 2^e éd., New York, 1959 ; A. PANNEKOEK, *A History of Astronomy*, Londres, 1961 ; K. H. BURMEISTER, *Georg Joachim Rhetikus*, 2 vol., Wiesbaden, 1967-1968.

فيزياء وميكانيك

Physique et mécanique : Les anciens ouvrages de J. C. POGGENDORFF, *Geschichte der Physik*, Leipzig, 1879 (trad. fr., Paris, 1883), de F. ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, 3 vol., Braunschweig, 1882-1890, de K. LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik*, 2 vol., Leipzig, 1890, et de E. GERLAND et F. TRAUMÜLLER, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*, Leipzig, 1899, sont encore à consulter. Parmi les plus récents : E. MACI, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 7^e éd., Leipzig, 1912 (trad. fr., Paris, 1904) ; P. DUIEM, *Les origines de la statique*, 2 vol., Paris, 1907 ; Id., *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, Montligeon, 1907 ; Id., *Études sur Léonard de Vinci*, 3 vol., Paris, 1906-1913 ; Id., *Le système du monde*, t. X, Paris, 1959 ; E. JOUGEUX, *Leçons de mécanique*, 2 vol., Paris, 1924 ; L. OLSCHKI, *Geschichte der neupracheichen wissenschaftlichen Literatur*, 3 vol., Halle, 1919-1927 ; R. DUCAS, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, 1930 ; E. J. DIJKSTERHUIS, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin, 1956 ; Simon Stevin, *La Haye*, 1943. Sur Léonard de Vinci : l'ancien ouvrage de C. SÉAILLES, *Léonard de Vinci. Partiste et le savant*, Paris, 1892, et, parmi les études plus récentes : R. MARCOLONGO, *Memorie sulla geometria e la meccanica*, Naples, 1937 ; G. UCCELLI, *Scritti di Leonardo da Vinci*, 1940 ; Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVI^e siècle, Paris, 1951.

Chimie et alchimie : M. BERTHELOT, *La chimie au Moyen Age*, 3 vol., Paris, 1893 ; J. FERGUSON, *Bibliotheca chimica*, 2 vol., Glasgow, 1906 ; D. I. DUVERN, *Bibliotheca alchemica et chimica*,

Londres, 1949; H. M. LEICESTER et H. S. KLOCKSTEIN, *A Source book in history of chemistry*, New York, 1952; M. DELACRE, *Histoire de la chimie*, Paris, 1920; W. OSTWALD, *L'évolution d'une science : la chimie*, trad. fr., Paris, 1919; E. O. von LIPPMANN, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*, 3 vol., Berlin, 1919-1931-1954; E. J. HOLMYARD, *Makers of chemistry*, Oxford, 1931; Id., *Alchemy*, Londres, 1957; F. S. TAYLOR, *The Alchemists*, New York, 1949; R. J. FORBES, *A short history of the art of distillation*, Leyde, 1948; H. E. FIERZ-DAVID, *Die Entwicklungsgeschichte der Chemie*, 2^e éd., Bâle, 1953; H. M. PACHTER, *Paracelsus. Magic into Science*, New York, 1951; W. PAGEL, *Paracelsus*, Bâle et New York, 1958; M. P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, Londres, 1962; J. M. STELLMAN, *The story of early chemistry*, New York, 1964.

علوم الأرض

Sciences de la Terre : K. F. MATHER et S. L. MASON, *A Source book in geology*, New York, 1939; K. A. von ZITTEL, *Geschichte der Geologie und Paläontologie*, Munich, 1899; A. GEYKE, *The founders of geology*, 2^e éd., Lyon, 1905; S. MEUSNIER, *L'évolution des théories géologiques*, Paris, 1911; G. von GROTH, *Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften*, Berlin, 1926; E. de MARGERIE, *Critique et géologie. Contribution à l'étude des sciences de la Terre*, 4 vol., Paris, 1943-1948; F. D. ADAMS, *The birth and development of the geological sciences*, 2^e éd., New York, 1954; E. DUPUY, *Bernard Palissy*, 2^e éd., Paris, 1902. Voir également les traductions anglaises du *Bergbüchlein* de KALB (A. G. SISCO et C. S. SMITH, New York, 1949), du *De re metallica* d'AGRICOLA (H. C. HOOPER, Londres, 1912) et du « Traité » de L. ERCKER (A. G. SISCO et C. S. SMITH, Chicago, 1951).

علوم إحيائية بوجه عام

Sciences biologiques en général : E. RÄDL, *Geschichte der biologischen Theorien*, Leipzig, 1905-1909; M. CAULLERY, *Histoire des sciences biologiques*, in G. HANOTAUX, *Histoire de la nation française*, Paris, 1924; W. A. LLOYD, *The growth of biology*, Londres, 1925; E. NORDENSKIÖLD, *The history of biology*, New York, 1928; G. E. RAYEN, *English naturalists from Neckam to Ray*, Cambridge (G.-B.), 1947; E. CALLOT, *La renaissance des sciences de la vie au XVI^e siècle*, Paris, 1950; C. SINGER, *History of biology*, 3^e éd., Londres-New York, 1959 (trad. franç. par F. GIDON, Paris, 1934); J. ROSTAND, *Esquisse d'une histoire de la biologie*, Paris, 1962; E. MENDELSSOHN, *Heat and life*, Cambridge, 1964; G. CANGUILHEM, *La connaissance de la vie*, 2^e éd., Paris, 1965.

تشریح وفیزیولوجیا

Anatomie et physiologie : L. CHOUQUANT, *Geschichte und Bibliographie der anatomischen Abbildung*, Leipzig, 1852; M. ROTT, *Andreas Vesalius Bruxellensis*, Berlin, 1892; M. del GARZO, *Sulla pratica dell' anatomia in Italia sino al 1600*, Naples, 1892; M. FOSTER, *Lectures on the history of physiology during the 16th, 17th and 18th centuries*, Cambridge, 1901; H. E. SINGER, *Die Geburt der abendländischen Medizin*, in *Essays... presented to Karl Sudhoff*, Londres, 1924; C. H. SHERRINGTON, *The endeavour of Jean Fernel*, Londres, 1946; E. HINTSCHER, *La renaissance de l'anatomie*, revue *Giba*, 1947, n° 59; C. D. O'MALLEY, *Michael Servetus...*, Philadelphie, 1953; K. E. ROTHSCHEID, *Geschichte der Physiologie*, Berlin, 1953; C. SINGER, *Short history of anatomy and physiology from Greeks to Harvey*, New York, 1957; L. PREMUDA, *Storia dell' iconografia anatomica*, Milan, 1957; L. R. LIND, *A short introduction to anatomy of Jacopo Berengario da Carpi*, Chicago, 1959; R. ERIKSSON, *Andreas Vesalius' first public anatomy at Bologna*, Uppsala, 1959; P. HUARD, *Les dessins anatomiques de Léonard de Vinci*, Paris, 1961; W. PAGEL, *Paracelse: introduction à la médecine philosophique de la Renaissance*, Paris, 1963; C. D. O'MALLEY, *Andreas Vesalius of Brussels*, Berkeley and Los Angeles, 1964; P. HUARD et M. D. CRMEK, *L'œuvre de Charles Estienne et l'école anatomique parisienne*, Paris, 1965; R. HEERLINGER et F. KUDLIER, *Frühe Anatomie; von Mondino bis Malpighi*, Stuttgart, 1967.

طب

Médecine : K. SPRENGEL, *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneikunde*, Halle, 1792-1803, 5 vol. (trad. franç. par A.-J.-L. JOURDAN, Paris, 1815-1820); J.-F. MALGAIGNE, *Oeuvres complètes d'Ambroise Paré*, Paris, 1840-1841; C.-V. DAREMBERG, *Histoire des sciences médicales*, Paris, 1870; E. WICKENHEIMER, *La médecine et les médecins en France à l'époque*

de la Renaissance, Paris, 1905 ; R. MASSALONGO, *Girolamo Fracastoro e la rinascenza della medicina in Italia*, Venise, 1915 ; K. SUDHOFF, *Kurzes Handbuch der Geschichte der Medizin*, Berlin, 1922 ; W. OSLER, *Incunabula medica*, Oxford, 1923 ; F. R. PACKARD, *The life and times of Ambroise Paré*, 2^e éd., New York, 1926 ; P. DELAUNAY, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1926 ; F. H. GARRISON, *Introduction to the history of medicine*, 4^e éd., Philadelphia-Londres, 1929 ; A. CASTIGLIONI, *The Renaissance of medicine in Italy*, Baltimore, 1934 ; P. DELAUNAY, *La vie médicale aux XVI^e, XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1935 ; G. ZILBERG, *The medical man and the witch during the Renaissance*, Baltimore, 1935 ; K. SUDHOFF, *Paracelsus*, Leipzig, 1936 ; M. LAIGNEAU-LAVASTINE, *Histoire générale de la médecine*, etc., Paris, 1936-1949, 3 vol. ; A. CASTIGLIONI, *Storia della medicina*, 3^e éd., Milan, 1948 (trad. franç. par BERTRAND et GIDON, Paris, 1951) ; P. DIEPGEN, *Geschichte der Medizin*, I, Berlin, 1959 ; M. T. GNUDI et J. P. WEBSTER, *The life and times of Gaspare Tagliacozzi*, New York, 1950 ; G. SINGER et A. E. UNDERWOOD, *A short history of medicine*, Oxford, 1962 ; L. S. KING, *The growth of medical thought*, Chicago, 1963 ; M. BARTÉLY et C. COURY, *Histoire de la médecine*, Paris, 1963 ; F. H. GARRISON et L. T. MORTON, *Medical bibliography*, second edition revised, Londres, 1965.

علم الحيوان

Zoologie : J. V. CARUS, *Geschichte der Zoologie*, Munich, 1872 (trad. fr., Paris, 1880) ; G. LOISEL, *Histoire des ménageries*, 3 vol., Paris, 1912 ; J. H. GURNEY, *Early annals of ornithology*, Londres, 1921 ; M. BOUBIER, *L'évolution de l'ornithologie*, Paris, 1925 ; P. DELAUNAY, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1925 ; Id., *Pierre Belon naturaliste*, Le Mans, 1926 ; J. ANKER, *Bird books and bird art*, Coponhague, 1938 ; T. S. HALL, *A source book in animal biology*, New York, 1951 ; F. S. BUDENIEMER, Léonard de Vinci et les insectes (*Rev. Synthèse*, 77, 1956, 147-152) ; P. DELAUNAY, *La zoologie au XVI^e siècle*, Paris, 1962 ; G. PETIT et J. THÉODORIDES, *Histoire de la zoologie des origines à Linné*, Paris, 1962 ; M. D. GRMERK et D. GUINOT, Les crabes chez Ulysse Aldrovrandi : un aperçu critique de la carcinologie du XVI^e siècle (*Colloque int. Hist. biol. Marine (Banyuls, 1963)*, 45-64, Paris, 1965) ; G. PETIT, Conrad Gesner zoologiste (*Gesnerus*, 22, 1965, 195-204) ; J. THÉODORIDES, Conrad Gesner et la zoologie : les Invertébrés (*Gesnerus*, 23, 1966, 230-237) ; C. NISSEN, *Die zoologische Buchillustration...*, Stuttgart, 1966 ; H. FISCHER, Conrad Gesner, Zürich, 1966.

علم النبات

Botanique : E. MEYER, *Geschichte der Botanik*, 4 vol., Königsberg, 1854-1857 ; K. F. W. JESSEN, *Botanik der Gegenwart und Vorzeit in culturhistorischer Entwicklung*, Leipzig, 1864 (éd. fac.-sim., 1948) ; F. J. G. SACHS, *Histoire de la botanique*, Paris, 1892 ; L. LECRÈ, *La botanique en Provence au XVI^e siècle*, 5 vol., Paris, 1899-1904 ; E. L. GREEN, *Landmarks of botanical history*, Washington, 1909 ; F. W. T. HUNGER, *Charles de L'Escluse*, La Haye, 1927 ; C. S. GAGET, *Botanics gardens in the world*, New York, 1937 ; M. MÖBIUS, *Geschichte der Botanik*, Jöna, 1937 ; T. A. SPRAGUE et M. S. SPRAGUE, *The herbal of Valerius Cordus (J. Linnean Soc. London, Bot. 52, 1-113, 1939) ; H. S. REED, Short History of the plant science*, Waltham, Mass., 1942 ; W. BLUNT, *The art of botanic illustration*, Londres, 1951 ; C. NISSEN, *Die botanische Buchillustration*, 2 vol., Stuttgart, 1951 ; A. ARBER, *Herbals*, 2^e éd., Cambridge, 1953 ; A. DAVY DE VIRVILLE et divers, *Histoire de la botanique en France*, Paris, 1954 ; L. EMBEKKER et H. HARANT, *La botanique à Montpellier*, 1959.

القسم الثاني :

القرن السابع عشر

بعد الحقبة المضطربة التي سادت عصر النهضة ، حيث دخل الغرب باتصال وثيق مع العلم القديم ، مع اظهارة ، في مختلف المجالات رغبة اكيدة في الابداع ، شاهد القرن السابع عشر ولادة علم جديد في اوروا الغربية ، علم تطور في القرون اللاحقة ثم انتشر قليلا قليلاً في مجمل العالم .

هذه الثورة التي سوف نحلل مظاهرها المختلفة وظروفها وخصائصها في فصل تمهيدي ، سوف يكون لها نتائج لا تحصى .

وكانت الرياضيات مجالاً في أوج غليانه فشاهدت ولادة او تجديد الجبر ، ونظرية الاعداد وحساب الاحتمالات والجيومتريا الاسقاطية والحساب التفاضلي المتنامي الصغر . وكانت أوجه التقدم المحققة مهمة الى درجة ان حقل عمل ووظائف الرياضيات قد تغيرت بصورة كلية . هذا السلاح ، وقد اصبح اكثر قوة واكثر فعالية ، طبق بصورة تدريجية على مختلف فروع العلوم الفيزيائية : مثل الديناميكا التي شكلت في البداية ، بين غاليلي ونيوتن علماً مستقلاً ، اما الميكانيك السماوي الذي وضع كبلر (Kepler) ونيوتن مبادئه ، ضمن اطار نظام كوبرنيك (Copernic) فقد اعتمد بصورة نهائية ؛ اما الاوبتيكا أو علم البصريات فقد تحول بصورة تدريجية الى علم رياضي . وحدتت تقدمات موازية في المجال التجريبي وذلك بفضل اختراع المنظار والميكروسكوب ، وبفضل اكتشاف قوانين الاوبتيكا جيومترىكا ، وبفضل الدراسة الاكثر دقة للظواهرات المغناطيسية والكهربائية . في حين فتح البحث العملي ، في مجال الكيمياء ، الطريق ، بصورة تدريجية أمام التجديد الحاصل في القرن اللاحق .

وفي مجال علوم الحياة كُيِّفَتَ التقدمات ، غير الكافية يومئذ ، والحاصلة في مجال وصف وتصنيف الكائنات الحية ، كُتِفَتَ بفضل اكتشاف الدورة الدموية الكبرى ، وانتشار نظرية الانسان الآلة ، ولولادة وتطور التشريح الميكروسكوبي بصورة سريعة ، وبفضل دراسة مسألة التوالد وبدايات الفيزيولوجيا النباتية .

انعكست هذه المكتسبات المتنوعة في مجال الطب الذي نغردن بصورة تدريجية واتسم بصفة اكثر

علمية ، مع افساح المجال الواسع أمام المناقشات النظرية . واخيراً تشكلت علوم الارض ، بشكل علم مستقل هو علم الجيولوجيا ، الذي قطع علاقته بالمعتقدات الوسيطة ، وانكب على دراسة تكوين وتاريخ الارض .

اقترن هذا التقدم الواسع الذي سوف نحله في الفصول المتتالية من هذه الدراسة ، بتطور عميق في العقلية وفي مناهج العلم . لقد وضع علماء القرن السابع عشر : من جيلبرت (Gilbert) وكبلر (Kepler) وغاليلية (Galilée) وهويجنس (Huygens) ومالبرنث (Malebranche) وليبنز Leibniz ونيوتن مسروراً إلى باكون Bacon وهارفي Harvey وديكارت Descartes هؤلاء وضعوا مبادئ العلم الحديث . وهؤلاء الرجال العباقرة ، وهم يناضلون نضالاً صعباً ضد المعتقدات الجامدة وضد الروتين ، يحركهم إيمان قوي بقيمة جهودهم ، عرفوا كيف يستنبطون المبادئ الكبرى التي كانت ، في أغلب الاحيان ، في أساس تصوراتنا ومفاهيمنا الحاضرة . لا شك ان ابداعاتهم الجريئة ، لم تكن لتصل ، مرة واحدة ، إلى الكمال ، بل أخطأهم ، وأفراطهم قد صحح فيما بعد ، وأحياناً بصعوبة ، من قبل خلفائهم . ولكن هؤلاء العلماء ، كان لهم ، على الأقل ، الفضل العظيم بخلق المناهج الاصلية والخصبة ، في تجديد مجالات واسعة من العلم ، واعطاء البحث العلمي قفزة حاسمة .

الثورة العلمية في القرن السابع عشر

يُرى القرن السابع عشر عادة وكأنه فيه بدايات العلم الحديث . وهذا الرأي ليس خاطئاً ولكنه يتطلب تفسيراً في جميع الأحوال . من المسلم به ، في هذا الشأن ان نعت « حديث » يبقى دائماً نسبياً . وبهذا المعنى يجب أن نحترس ، بعناية من الإفراط في « التحديث » ، تحديث جيل ديكارت وحتى جيل نيوتن ، تحت طائلة ، اما عدم فهمهم ، أو التعرض لخيبة أمل غير محقة .

حب القديم والفكر الجديد - ان تناسي اختلاف العالم الذي كان يعيش فيه هؤلاء وكم هو مختلف عنا وعن عالمنا ، يوقننا في عدم فهم هؤلاء القوم . وكان لا بد من انتظار نهاية القرن حتى يتبلور مفهوم الجرم *Mass* . كانوا يجهلون يومئذ معاني كمية الحرارة والخلية الحية ؛ ودراسة المغنطيسية والكهربائية كانت في بداياتها وكذلك دراسة الجيولوجيا . كان ديكارت يرى في الرعد انفجار خليط انفجاري ، وكان يرى في النبات في الجبل نوافير من ماء المحيط . وحتى النظرية القيمة مثل نظرية مركزية الشمس في الكون ، كانت تحتاج ، حتى مجيء نيوتن ، الى براهين حاسمة . وحتى الفيزيولوجيا الميكانيكية ، في مجال نظرية الحيوانات الالية ، لم تكن تقدم الا صورة وصورة استنساخية خالصة .

حول الكثير من الأمور التي كثيراً ما كانت غير مستقرة ، كان التأمل النظري يأخذ مداه مرتاحاً ، وينسجم بالدرسية بشكل غريب ، ابتداء من استنباط الكون من قبل ديكارت وصولاً الى المنازعات بين دعاة الطب الميكانيكي والطب الكيميائي أو النزاع بين القوى الحية . وإذا انطلقنا من فكرة أن هؤلاء العلماء قد أسسوا العلم الحديث ، ثم اكتشفنا هذه الأخطاء وهذا القصور ، لأصبنا بالخيبة ، وربما نازعنا انفسنا في تصنيفهم داخل غياهب عصر سابق على العلم .

ولكن هذه الخيبة تكون ظالمة تماماً . وكم يقول ، وهو على صواب ، هــ . بترفيلد (H.Butterfield) : ماذا يصيب عظماء العلم الحالي لو كان عليهم ان يستخرجوا بانفسهم أسس العلم بالذات ؟ . إذ انها أسس علم جديد تلك التي كان على علماء القرن السابع عشر أن يعثروا عليها وقد فعلوا حقاً . وعلى صعيد الاكتشافات تعتبر تقديعاتهم مذهشة : فقوانين كبلر (Kepler) ،

وميكانيك غاليلي، ونظام الدورة الدموية عند هارفي (Harvey)، وجيومترية ديكارت، وجيولوجيا ستينون واوبتيكا نيوتون وفلكه، وعالم الحيوانات الصغيرة عند لويونوك (Leeuwenhoek). كثير من الاحلام ومن الاباطيل امتزجت داخل الحقائق، أو ليس هذا هو شرط البحث في كل عصر وفي أي عصر؟ ولكن ان نحن نساءلنا كيف حصلت هذه النتائج، وان نحن فهمنا أنه كان من الواجب تغيير الفكرة المتكونة لدينا عن البحث وعن العلم منذ ارسطو، اذاً لما امكنا الا الاعجاب بدون تحفظ.

معجزة السنوات 1620 - تكلمنا عن المعجزة اليونانية. وبالنسبة الى العلم، كانت هناك أيضاً معجزة السنوات 1620. فبدلاً من فيزياء النوعيات، جاءت فيزياء الكمية: وبدلاً من الكون المنتظم المرتب، جاء دور الكون «غير المحدد»، الكون من ظاهرات متعادلة، وكثيراً ما كانت بدون غاية؛ وبدلاً من عالم عسوس بالادراك المباشر - والممدد بفضل الميكروسكوب الى أبعد من عالم الادراك والرؤية - جاء عالم الفكر الرياضي.

ولا شيء من كل هذا، قد زال حتى الان. ولكن كل هذا كان يومئذ جديداً، وكان من الواجب من أجل اكتشافه، وقوع ثورة حقيقية.

وعظمة القرن السابع عشر، التي لا مثل لها، لا تكمن في أنه رأى الى حد ما أشياء أكثر من سابقه، بل أن عظمته تكمن في أنه رأى العالم بعيون جديدة، وبواسطة مبادئ ما تزال معتمدة. من هنا يمكن ويجب أن ينمت بأنه رائد العلم الحديث.

I - الحياة العلمية

لقد نشأ العلم الجديد على هامش العلم الرسمي، وضده في كثير من الاحيان. واذاً فهو علم من صنع بعض المتفردين المعتزلين.

وسابقون هؤلاء كانوا يلتزمون بالسرية الحذرة. وكان موضوع السرية محترماً بشكل غريب طيلة القرن.

فضلاً عن ذلك، وفي بداية القرن السابع عشر، لم يكن هناك جمهور مؤهل لهذا النوع من الدراسات. وقد اشتكى باكون (Bacon)، من أن كل شيء كان في خدمة رجال الادب. والميتافيزياء، أما التجريبيون فلا شيء لهم! وبعد مئة سنة كثرت كتب تيسير العلم.

ومع ذلك يجب أن نحذر، في هذا التاريخ، من الوقوع في المثالية أو الغزلية! فالعالم، كما يذكر ج. بلسنير (J. Pelseneer)، العالم بحق، والمخترع، ظل تقريباً دائماً، مثل الفنان، انساناً معزولاً؛ وقد احتفظ روبرفال (Roberval) بقسم كبير من اكتشافاته حرصاً عليها. وفي النزاع حول التجربة البارومترية، بدا روبرفال (Roberval) نفسه، ويسكال (Pascal) أيضاً، جاترين تجاه الاب

ماغني (P.Magni) الذي بدا من جهته قليل المبالاة بشكل استثنائي . وقام نزاع مماثل أيضاً حول اكتشاف الحساب اللامتناهي الصغر. وقد كتب ديكارت (Descartes)، الذي يذكر عنه أقوال جميلة حول التجارب التي يجب أن تتم بصورة مشتركة ، وحول واجباتنا كي نعد لاحفادنا علماً أفضل ، رغم ذلك كتب ، في خطاب المنهج (القسم 6) معالجة حقة لعالم معزول : ان التجارب التي يقدمها لك الآخرون باعتبارها سرية ، ليست كذلك ، ويصعب استعمالها ، لأنها مرتبطة دائماً بنظام صاحبها أو مؤلفها ؛ هذه التواضعات تبدو غالباً تافهة ، ومضية للوقت فلا تستحق الاعتناء بها .

وكان ديكارت (Descartes) في عزله في هولندا يغير منزله كثيراً حتى يأمن عدم الإهتداء اليه .

وكان لا يؤمن إلا بنفسه ، وكان يعتقد أن مطلق نظام يضعه فرد واحد هو أفضل من هذه التجميعات المتنافرة التي اشترك فيها بناءً كثيرون . وكان نيوتن (Newton) رغم المهالة التي اضافها عليه النجاح السريع يتضايق ، حتى في التعبير عن فكره من هجوم الديكارتيين (Cartesiens) عليه بصورة دائمة . ويمكن القول أن العلماء الاعلام في مجملهم كانت لهم في هذا القرن عقلية « الاسياد الكبار » الغيورين على امتيازاتهم .

وكان تبادل وجهات النظر يبدأ بشكل تدريجي . وكان هذا الإجراء استمراراً للتراث المدرسي التنافسي . ولكنه كان أيضاً اسلوباً في اظهار النفس . أما عادة الترجع الى الجمهور العلم مباشرة وهي عادة جديدة تماماً ومن فوق الجامعات للمستعصية وذلك بنشر الكتب العلمية باللغة العامية ، فكان لها وقع آخر : من هذه الكتب : ديالوغو (Dialogo, 1632)، الخطب 1637 . بانتظار « اوبتيك » نيوتن .

هؤلاء « السادة العظام » كانوا يفتشون لانفسهم عن جمهور وهذا الجمهور اخذ يتكون .

المثل الايطالي - في القرن 16 تكونت بورجوازية غنية ارادت التخلص من السادة التقليديين ، وساندت البحوث الجديدة . ولكن امراء ، امثال آل مدسيس (Medicis)، وكردالة ويسابوات كان عندهم علماءهم الرسميون .

وكانت المدن ذات الاصول العريقة المستقلة مثل بادو ويزا وفلورنسا تسعى الى ان يكون لكل منها علماءها المشهورون العاملون لحسابها . ومن ايطاليا اتى العلم وكذلك الفن ، كما كان تقريباً كل العلماء الفرنسيين في القسم الاول من القرن 17 يعرفون الايطالية التي كانت مع اللاتينية ، اللغة العلمية الاولى . ومنذ 1603 تشكلت في روما ، تحت رعاية الامير فردريك سيزي (Federico Cesi) أول اكاديمية للعلماء « اكاديميا دي لنسي » (Accademia dei Lincei) وكان من اعضائها غاليل (Galilée) . وبعد نصف قرن اراد الدوق الكبير ، دوق توسكانة ، فردينان (Ferdinand II)، أن يكون له في فلورنسا مجموعته العلمية ، فكانت اكاديميا دل سيمنتو (Accademia del Cimento) (اكاديميا التجربة) حيث جلس من 1657 الى 1667 فيفياتي وبوري (Viviani, Borelli) وريدي (Redi) وستينون (Sténon) الخ .

وتعتبر حياة غاليله (1564 - 1642) للثل على الفضول وعلى المخاطر التي كانت تنتظر العلم الفني . فقد عبثه الدوق الكبير ، دوق توسكانة ، استاذاً للرياضيات في بيزا ، مدينة مولده ، واجتنبه الى بادو مجلس شيوخ البندقية ، بعد أن أثبت جدارته وكفاءته ، ثم استدعي الى فلورنسا من جانب الدوق الكبير . ورغم ذلك لم يكن بالإمكان انقائه من المحاكمة في سنة 1633 . وكان إبعاده الى آرستري (Arcetri) حيث مات ، قد لطيف بوجود تلميذه فيفياني (Viviani) الى جانبه وكذلك وجود توريشلي (Torricelli) . واكثر من ذلك انه استطاع كتابة ونشر الديسكوري « الخطابات » سنة (1638) .

الفلاندر والبلدان المنخفضة - كانت بلاد الفلاندر والبلدان المنخفضة غنية وماهرة مثل إيطاليا ، فسارت هي أيضاً في طليعة التقدم . ومن المشهور المعروف كيف أيقظ ديكارت على البحث العلمي من قبل اسحق بيكمان (Isaac Beekman) وهو عالم منسي منذ زمن بعيد ، اكتشفه في ايماننا تبحر ش: دي وورد (C. de Waard) . وفي بروج ، ثم في هولندا اعتبر سيمون ستيفن Simon Stevin (1548-1620) الرياضي ومهندس السدود في هولندا ، المثل الكامل للاهتمام الذي تثيره في هذه الاقاليم فيزياء خرجت اخيراً من التفلسف ووضعت في خدمة الانسان . كان أتوني فان ليونوك (Antony van Leeuwenhoek) (1632 - 1723) بائع قمصان في دلفت (DELFT) ، وأسندت اليه مهمات بلدية ونقابية مهمة ، ولكنه لم يترك مكتبته التجاري وطولته التجارب لكي يستلم منبر تعليم . وكان العلماء والباحثون الذين ، مثل ديكارت ، تراكضوا باعداد كبيرة ، من العديد من بلدان اوروبا ، نحو هذه الاقاليم الجدية والمطلعة جداً - يتغون فيها يتغون في أغلب الاحيان ، البحث فيها ، عن حرية تعبير لم يكونوا يجدونها دائماً في بلادهم .

ولم يكن - بأقل قيمة - في هذه البلدان - عمل الناشرين الكبار أمثال الزفير (Elzevirs) ، في المقام الأول ، والذين أوكل اليهم غاليله ، من إيطاليا البعيدة ، نشر كتابه الخطابات (= ديسكوري) ، وامثال غيره أيضاً كجان مير (Jean Maire) الذي نشر « خطاب المنهج » لديكارت . وقد وضع القاضي الكبير قسطنطين هويجن (Constantijn Huygens) ، ذكاه ، وتأثيره بخدمة العلماء الفرنسيين أمثال ديكارت ومرسين (Mersenne) . وأصبح هؤلاء باكرأ ملهمي ابنه كريستيان هيجن Christiaan Huygens (1629-1695) الذي آمن عمله الرياضي والفيزيائي الصلة بين أعمال غاليلي ونيوتن . وذهب بنفسه ليقيم في فرنسا حيث بقي من سنة 1666 الى سنة 1681 ، يتلقى حتى مماته من لويس الرابع معاشاً كما ظل عضواً في الاكاديمية الملكية للعلوم .

انكلترا - وقامت حركة موازية في انكلترا . كان العلماء الانكليز من كبار الرحالة - وغالباً بالرغم عنهم ، وذلك على أثر الاضطرابات الاهلية - وقد تجولوا كثيراً في فرنسا وإيطاليا وفي البلدان المنخفضة .

ولكن علم القرن السابع عشر بدأ عندهم مع وليم جيلبرت (William Gilbert) (1540-1603) ومع كتاب « المغناطيس » « المغنيت » (Magnet) لسنة 1600 . كان جيلبرت طبيباً عند

الملكية اليزابيث ثم عند جاك الاول . وترك عند موته أوراقاً ثمينة لم تنشر الا سنة 1651 على يد أخيه : « د موندو نوسترو سوبلناري فيلوزوفيا نوفا (De mundo nostro sublnari Philosophia nova) . وكان فرنسيس باكون (Francis Bacon) (1561 - 1626) على شهرته ، أقل قيمة علمية ، وبصورة خاصة انه لم يفهم أن العلم الجديد هو علم رياضي . وكان فيلسوفاً أكثر مما كان عالماً ، وقد كانت لديه الشجاعة بأن يجعل العلماء يعملون ، مبيناً لهم ان الفيزياء القديمة قد تم تجاوزها . وعمل على الربط بين النظرية والتطبيق ؛ وبحكم موقعه كوزير انكليزي (Chancelier-d'Angleterre) قبل أن يخسر مركزه في دعوى أدت به الى السجن ، ثم الى عزلة تعيسة ، استخدم نفوذه من اجل رفع شأن العالم التجريبي ، الذي ظل محترقاً لمدة طويلة باعتباره مجرد حرفي . وقبل نشر « نوفم اورغانم » (Novum organum) بستين (1620) الحق في بلاط جاك الاول ولیم هارفي (William Harvey) (1578 - 1657) الذي سوف يقلب الافكار الالفيه حول الدورة الدموية في كتابه (1628) Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus).

وقد ألح باكون (Bacon) على ضرورة التبادل الفكري ، وكان نداؤه قد سمع . وغما التراث الباكوني بصورة رئيسية ضمن دائرة قامت في كامبريدج أولاً ثم انتقلت الى لندن ، بايعاز وتشجيع من تيودور هاك (Theodore Haak) وهو الماني عاش في انكلترا . وتشكلت مجموعة علمية أخرى في اوكسفورد ، استطاعت ان تجتذب روبرت بويل (Robert Boyle) (1627 - 1691) هذا النبيل الكبير الذي كان ايضاً رجلاً علم كبير . وفي 28 تشرين الثاني 1660 تأسست في « غريشام كوليج » (Gresham college) ، الجمعية الملكية . واخذت تظهر « المقالات الفلسفية » الشهيرة في سنة (1665) تحت رعاية اولدنبيرغ (Oldenburg) شخصياً - وقد جاء هو ايضاً من المانيا - ولم تصبح هذه المقالات الناطق الرسمي باسم « الجمعية الملكية » الا في القرن 18 . إلا أنها منذ بداياتها الاولى ساعدت كثيراً على نشر الاكتشافات والافكار الجديدة في انكليترا وفي كل اوروبا .

وفي انكلترا ايضاً انتهى علم القرن 17 الى كماله في اعمال اسحاق نيوتن (Isaac Newton) (1643 - 1727 ، الطراز الجديد) الذي يجب أن لا ينسنا ، على كل ، كفاءات نظيره وخصمه روبرت هوك (Robert Hooke) ، (1635 - 1703) . جاء نيوتن الى العالم ، بعد عدة اشهر من موت غاليلي ، فعمل على دحر الشكوك التي اعترت العلم الميكانيكي الاول ، وذلك بفضل توصله الى تركيب عظيم ، كان ما يزال ينازع فيه الديكارتيون وليبنيز ، الا أنه قد ساد القرن 18 . واصبح نيوتن عضواً في البرلمان ، وانتخب في سنة 1703 رئيساً للجمعية الملكية وظل يعاد انتخابه حتى وفاته ، وقد هنيء بأن رأى عقبرته تتكوس بفعل اعجاب مواطنيه الشديد بها .

فرنسا - في فرنسا تولى رعاية المجموعات العلمية الاولى نيلان (على الاقل عرضاً) وارنان او قريان من التراث الايطالي : بيرسك (Peiresc) ، مستشار في برلمان بروفانسا ، ومازاران (Mazarin) الذي اسس مكتبته الفخمة ، وأقام عليها البارع العظيم غبريال نودي (Gabriel Naudé) . كما تلقى

مازاران اهداء العديد من الكتب العلمية . وكانت المدن الكبرى في الاريايف تضم علماء وموسوعيين ذوي قيمة : بيرسك (Pieresc) في اكس آن برفانس ، فيرمات (Fermat) في تولوز ، اتيان باسكال (Etienne Pascal) في كليرمون فران ثم في روان . ولكن المركزية حدثت في هذه الاثناء ، وسوف تنمو الحياة العلمية في باريس وباريس هي التي ستشهد نمو الحياة العلمية .

وكانت هذه الحياة ، في باريس وفي الاريايف ، غير مدينة الا بالقليل للجامعات ، التي ظلت مدرسية . بعد ان تجاوزتها « الكلية الملكية » التي ضمت غاساندي وروبرفال (Roberval) Gassendi . وجمع الأخوان دوبوي (Dupuy) مجموعة بذات آراء حرة جداً . ولكن الصناع الاكبر لحياة علمية مشتركة كان الاب ماران مرسين (P. Marin Mersenne) (1588-1648) . وكان كاهناً من سلك « المينيم » (Minimes) كرس حياته للعلم . ومنذ (1634) كتب يقول « لقد تعاهدت العلوم فيما بينها ان تقيم مجتمعاً منيعاً » . إذا يتوجب على المتخصصين في كل العلوم ان يتشاوروا فيما بينهم وان يقارنوا بين اكتشافاتهم . والعلم سوف يتقدم اكثر لو سرت عادة العمل معاً : وأضاف : « لست أول من نادى بهذه الشكوى » وقد أن الاوان للانتقال الى العمل . أما عمله هو بالذات فسوف يكون « هذه المراسلات » التي آمنت الاتصال بين علماء العالم أجمع - لانه كتب حتى الى القسطنطينية وحتى الى ترانسيلفانيا - وسوف يسحب العديد من علماء الاريايف من عزلتهم . ومن عمله أيضاً نشر « ميكانيك غاليلي » ثم « افكار جديدة لغاليلي » ثم صدور خمسة كتب « تجديدية » حول العلم ، ثم اخيراً ، في سنة 1635 ، وإلى جانب مجموعة دوبوي (Dupuy) ، تشكيل هذه « الاكاديمية الباريسية » اول انجاز حلم كبير ، إذ كان يريد تجميع العلماء من كل المجالات . وكما كرست الاكاديمية الفرنسية فيما بعد صالون كونورار (Conrart) ، فسوف يكون تأسيس كولبير (Colbert) لأكاديمية العلوم ، سنة 1666 ، الاستعادة الرسمية لهذه المشاريع الخاصة . وابتداء من سنة 1665 ، ورغم الحوادث والانقطاعات ، اخذت تظهر « جريدة العلماء » . والكل يعلم ، بعد موت ديكارت كيف اخذت تناقش حتى في صالونات النساء المتحذقات ، « العواصف والعوالم الهابطة » .

وهناك اسمان كبيران في العلم الفرنسي في القرن 17 يذكرانا بأن هذا العلم ، تحت الوحدة الظاهرة التي يريدها له كتاب تاريخ عجول ، بدأ متنوعاً ومختلفاً الى أقصى حد ، باحثاً عن الحقيقة من طرق متناقضة أحياناً : ديكارت (1596 - 1650) - الذي امضى في هولندا سنوات درس اكثر مما في فرنسا قبل ان يذهب ليموت في ستوكهولم ، هو للمنظر الساعي الى ايجاد علم استنتاجي ، انما على مبادئ أخرى ، شبيهة بعلم أرسطو ؛ وباسكال (Pascal) (1623-1662) هو بعكس ديكارت التجريبي الحذر الذي يحلر المبادئ ، لانه في نظره مجرد خلاصات مؤقتة لاحداث حصلت . هذا التيار الذي يدل عليه أيضاً روبرفال (Roberval) (1602 - 1675) هو الاعم والاكثر وقوعاً . ولصالح هذه البراغمية ، صدرت العبارات الاولى الذالة على علم ايجابي وحتى وضعي عن رجلي دين : مرسين (Mersenne) والاب مالبراناش (Malebranche) (1638-1715) . وكان هذا الاخير وبأن واحد عالماً ومتصوفاً . وهكذا دخلت الفيزياء الجديدة الى فرنسا ، رغم محاكمتها سنة 1633 ،

بلون الكثير من المقاومة ، في جمهور كبير واسع .

أوروبا الوسطى - في أوروبا الوسطى اخذ جمهور علمي يتكون انما ببطء اكبر . في 29 أيلول سنة 1646 كتبت الاميرة اليزابث من برلين الى ديكاوت تقول انها لا تجد عندها الا القليل من العلماء « وهذا يعود الى ان كل الشعب فيها فقير الى درجة ان احداً فيها لا يدرس او لا يفكر الا من اجل المعيشة » . وفي الاضطراب السياسي ، كان كل عالم يفتش عن حظه حيث يستطيع : نيكو براهي (Tycho Brahé) في هيغن ، ثم في براغ ، والاب ماغني (P. Magni) في وارسو ، وهغليوس (Hevelius) في دانزغ . وترك ستينون (Sténon) بلد مولده الدانمارك ليذهب الى ايطاليا . ولكن كل شيء كان رهناً بتدابير الملك . وه أنجلة « السويد علمياً لم تعش بعد ذهاب الملكة كريستين . وتدل الحياة المعذبة التي عاشها جوهان كبلر (Johann Kepler) (1571 - 1630) - الذي طرد من كرسية في غراز (Graz) من اجل اراءه البروتستنتية ، والذي استقبل في براغ وغيرها انما بأجر زهيد ، والمشهور ايضاً في لينز Linz والذي اضطر الى الدفاع عن امه بجرم الشعوذة ، وإلى الرخص باستمرار وراء المنوعات الموعودة انما غير المحققة ابداً ، كل هذا يدل على الظروف الصعبة التي كان يعيشها يومئذ في تلك البلدان عالم سيء الحظ .

وفيما بعد عرف العلماء استقراراً اكبر . فقد استخدم غونفريد ويلهلم ليبنيز (1646 - 1716) (Gottfried Wilhelm Leibniz) - وهو فكر شمولي ، ورحالة كبير ، ومستشار سياسي ودبلوماسي وجد في مكتبة هانوفر Hanovre ، وكان حافظاً لها ، ما يقضي سعة علمه المدهشة - كل تأثيره ، الذي كان عظيماً ، لنشر « المعارف والانوار » . وفي سنة (1700) أسس اكااديمية العلوم في برلين . ومنذ البداية (1682) ساهم في « الاعمال الموسوعية » التي نشرت في ليبزيغ ، والتي ادت خدمات جُلبى ، بأن واحد ، بمستواها العالي ثم بكونها محررة باللاتينية ، فكانت مفهومة من علماء جميع البلدان .

من المجموعات الخاصة في الفيزياء الى المختبر - على هامش الاكاديميات والمجلات العلمية تجب الإشارة ايضاً الى التشجيع التي كانت تلاقى المجموعات الخاصة ، او التي كانت تسمى يومئذ « بالمقصورات » . والحقيقة ان هذه المقصورات كانت تتضمن كل شيء ، وكانت اشبه شيء بال بازار . وكانت مجموعات دوبوي Dupuy تجمع في مقصورة الاخوين ؛ وكان للاب مارسين (P. Mersenne) مقصوره الخاصة التي تتضمن خاصة أدوات الفيزياء ؛ أما مقصورة الاب كيرشر (P. Kircher) في روما فكانت تتضمن اشياء اكثر تنوعاً ، من المتحجرات ، والبلورات والاسنان وقرون وحيد القرن الخ . ولكن شوهدت اشياء اكثر ندرة في مقصورات رومانية : من ذلك مثلاً تينان عظيمان من الفخس المحشي (كما كان فيها تينان الاساطير الحق) وكان احدهما في متحف بابريني ، والاخر في متحف ألدروفاندي (Aldrovandi) ! .

ويجب أن لا تكون قصاة بالنسبة الى هذه البدايات المضطربة في العلم الموسوعي .

فقد كان هؤلاء الناس ، الذين نشأوا على « الفيزياء » السكولاستيكية ، يطبقون الان علم الوقائع ، منصبين على التفصيلات للميزة . وقد كان المسافرون ، وهم مستمرين بالاهتمام بأداب

البلدان التي يزورون ، ذات الذاكرة التاريخية او الاسطورية ، كان هؤلاء يزورون العلماء المحليين ، وينظرون الى الملاحات ، والمناجم والكهف ، ويدونون الملاحظات الآتية عن الادوية المستعملة في تلك المناطق ، الخ . وكانوا يعمدون الى بلادهم محملين بالمستندات الضرورية في كل شأن . وأخذت الغريفة تفعل فعلها في النصف الثاني من القرن السابع عشر ، عندما اخذت الافكار تتوضح وتكاثر المجموعات الرسمية او الخاصة وكذلك الجنائن النباتية يومئذ ، كما تكاثرت ايضاً مراصد الهواء : لقد اشار الاب همبرت (P.Humbert) الى ما لا يقل عن 23 مرصداً في باريس بين سنة 1610 و 1667 . وفي أواخر القرن فتحت المراصد الكبيرة الاولى الرسمية الحديثة مثل مرصد باريس (1672) ومرصد غرينتش (1675) .

II - الطبيعة كُتبت بلغة الرياضيات

وردت هذه العبارة منذ 1623 في كتاب ساغيتور (Saggiatore) لغاليلي . وهي عبارة فريدة في ثورتيتها فهي ، على الأقل بالنسبة الى العالم ، طردت الطبيعة القديمة ، تنظيم هيولي من الاشكال ومن الصفات . وبرزت طبيعة جديدة ، مجمل مترابط من الاحداث الكمية . بل ان معنى البحث سوف يتقلب رأساً على عقب .

أفضلية الرياضيات وأسقيتها - ان عبارة « الطبيعة كتبت بلغة الرياضيات » هي عبارة ثورية ايضاً ولكنها ايضاً خاطرة ، وبشكل فريد . لا شك ان غاليلي كان يدرس منذ 20 سنة سقوط الاجسام . ولكنه لم ينشر الا في سنة 1632 ، في ديالوغو (Dialogo) ، العبارات الكافية المرضية في سنة 1623 ، ومن اجل اثبات ان الطبيعة هي رياضيات ، لم يكن هناك ، على صعيد الوقائع الا المذكرات المتينة حول طول الاوتار المرنه ، وحول قانون (غير الصحيح) الانكسار لكبلر (Kepler) ، وكذلك ميداً ارخيميدس (Archimède) ، حول المخل ، ثم بعد 1609 ، قوانين كبلر ، وكلها مقدمات فخمة ولا شك . ولكننا نعلم كيف تصرف غاليلي بحذر غريب تجاه اكتشافات كبلر . وعلى كل حال ، هناك هوة كبيرة بين تحقيقات بعض التقارير الرقمية الشابتة ، والعبارة الواردة في «ساغيتور» (Saggiatore) لغاليلي . وليست حالة ديكرت بأقل إجماء . فقد فكر بالبناء ، قبل اية تجربة ، « على الاسس الثابتة والمتينة » للرياضيات ، بناء معرفة مضمونة . ولكن حالة غاليلي او حالة ديكرت هي ايضاً حالة كل هذا الجيل من العلماء : كتب كبلر يقول في مقدمة كتابه استرونوميا نوفا (Astronomia nova) (1609) : « من الصعب جداً اليوم كتابة كتب في الرياضيات وخاصة الفلكية منها » . فقرأتها تظلم صعبة : « ولهذا لا يوجد اليوم الا قليل من القراء الجيدين . . . وانا نفسي ، الذي اعتبر نفسي عالماً رياضياً ، اتعب عند قراءة عملي » . ومع ذلك فانه هو ايضاً حرص على تزييض الطبيعة .

الفيتاغورية الجديدة - لا شك انه كان من الواجب اعادة النظر بالالة الرياضية بالذات . اذ قلما استعملت هذه الآلة منذ انام الرومان . كتب كبلر يقول ايضاً : « كم من الرياضيين يجهدون

أنفسهم بقراءة كتاب المخروطات لابولونيوس (Apollonius)، بكامله!؛ علماً بأن هذه الأسس القديمة، مضافاً إليها جيركاردان (Cardan) وثيات (Viète) هي التي سوف تكون نقطة انطلاق رياضيي ذلك القرن في مسارهم الى الامام، وكان كلٌ منهم يندفع في اتجاه عقربته الخاصة.

تجاه هذا العدد القليل من القوانين الكمية، وحتى في حال غياب وسيلة رياضية كان من الواجب خلقها، وفي حال لم يكن كبار العلماء قد تعودوا على الحساب، في مثل هذه الاحوال بدا واضحاً، ان فكرة تربيض الطبيعة، وهي فكرة مشتركة لدى كل علماء الجيل الاول، هذه الفكرة لم تكن ابداً الثابت من واقعة، بل كانت أمنية فكر، لقد كانت مطلباً مسبقاً فخياً. ولكي تبدأ الوقائع تدون في اطار الرياضيات، كان من الواجب بالدرجة الاولى وضع هذا الاطار في مكانه، ولهذا كان لا بد في البداية من تصور فائدته او التنبيه بها. أن كبلر وغاليليه وديكارت في بداياتهم لم يكونوا الا ليستعيدوا حلم فيثاغورس - الذي عمل على تضليل كبلر في نظرية تجاذب الكرات -، وكذلك حلم افلاطون الفيثاغوري والرياضي، المتروك طويلاً لصالح افلاطون الاسطوري، من هذا الحلم سوف يبنون بصورة تدريجية واقعاً حقيقياً. ولكن بالنسبة الى علماء الجيل الاول، سبق الفكر العملي الوقائع سبقاً اكيداً وبعيداً.

III - اعادة النظر في مفهوم العلم

كان يلزم القليل من الملاحظات، بهذا الشأن لاضافته الى الملاحظات القديمة من اجل أن يقوم هؤلاء العلماء، عن وعي تام، ببناء « فلسفة جديدة » اي علم جديد في لغة ذلك الزمن. والواقع ان الفيزياء الكمية لا علاقة لها عملياً بفيزياء النوعيات.

وبصورة حذرة اخذت تحدّد خط هدفها. كتب مرسين (Mersenne)، وهو يبنى علم بصريات رياضية خالصة يقول: « وعلى كل لا أريد أن أرمي كلياً كل انواع الاشياء القصدية ». وفسر بقوله أن الصوت المسموع ليس فقط رنيناً في الهواء بل هو أيضاً بناء من العضو الحسي. هل في هذا شيء من الحذر من مواجهة الشكوك والظنون القائمة في قلوب علماء ذلك الزمن! ليس هذا هو السبب برأينا بل هو شعور بتعقيدات الواقع، وهو اعتراف له ما يبرره بأن الترجمة الكمية للملاحظات وللأحداث هي تجريد - تجريد خصب الا انه لا يستطيع الحلول محل الاحساس. انها ذكرى سميعة من تكوينه المدرسي.

ومهما يكن من امر فابتداءً من القرن السابع عشر توقف « غرض العلم » عن ان يكون النوعية المدركة ليصبح الكمية المقاسة، باستثناء الكيمياء والتاريخ الطبيعي، بالطبع.

مفهوم الظاهرة أو الحدث - وبذات الوقت عُرِف بالمعنى الحديث، وهو معنى جديد كل الجدة يومئذ، مفهوم الحدث أو الظاهرة: هذا التجريد الكمي الذي ليس هو كل شيء في الاشياء. حتى ذلك الحين كانت كلمة علم مقصورة على معرفة الكائن، اي على معرفة الاشياء الالزية.

أما الظاهر، ظاهر الأشياء فلم يكن إلا هبوطاً أو نزولاً محتملاً للكائن ؛ وهذا الظاهر لا يشكل موضوع علم ، بل كان فقط مادة إبداع رأي . وكل علم جدير بهذا الاسم يرى في التأويل رجوعاً من المظهر الى كنه الشيء بالذات .

وعلى هذا كان هناك فصل مماثل بين العلم ، الذي هو تأمل في الحقائق الخالدة ، وبين الفن « أو الصناعة » (وهو من عمل الحرفي الضاع) الذي هو تعامل تجريبي بالظواهر . الفن « يقلد » الطبيعة ولكنه لا يمسك بها أبداً : من ذلك مثلاً أن الحاصل التركيبي المتكون في المختبر ، لا يكون له أبداً البنية الصحيحة التي للمتزوج الطبيعي .

هذا الأسلوب في التفكير هو ما عمل عليه القرن السابع عشر على تحويله تحويلاً كاملاً . فهم لم يكتفوا فقط بالاستغناء عن أرسطو ، بل إن فيثاغوريته لم تعد تأملية فلسفية ، بل أصبحت ناشطة : لقد أرادوا تريبض الطبيعة حتى يروا فيها آلة ضخمة نستطيع نحن ، من الناحية المثالية أن نصنع وإن نفرك ، بموجب قوانينها لا بموجب كينونتها . ومع فيثاغور (Phythagore)، تمت العودة الى أرميخيدس (Archimède) . وهذا يفترض أنهم قد أزالوا التفريق بين العلم والفن ، وأنهم تصوروا معرفة الأحداث ، وكأنها امساك ولو جزئي بالطبيعة ذاتها ، باعتبارها « علماً » . وبالإمكان التتبع خطوة خطوة ، من باكون الى كتاب القرن الثامن عشر ، لهذا المسار المدهش الذي سوف يقلب معنى الكلمات المفتاح في كل علم المعرفة .

كان باكون عالم ، ومع ذلك فقد ظل رجلاً من العقليّة القديمة . وكان فيلسوفاً ، ولكنه تصور بوضوح تام النظام المثالي للعلم الجديد . كان يرى انه من الواجب تكييف المحدد من أجل فهمه بواسطة النظريات الحقّة الصحيحة ، و« الفن » ، هذا العمل المحتقر حتى ذلك الحين - ربما لأنه كان عاجزاً - هو تكييف الأشياء ، بحيث أصبح الفنان المساعد الضروري « للعلم » النظري . وكما أثبت عن جدارة الأب م. شول (P.M.Schuhl) : ان هذا الاتحاد بين النظرية والتطبيق كان يومئذ متجديداً ثورويًا . فبدلاً من العبارة القديمة : المعرفة هي التأمل ، حلت عبارة جديدة : المعرفة ، هي الصناعة وهي الانتاج .

عالم من نمط جديد - إنَّ باكون (Bacon) ، وغاليلي (Galilée)، تلميذ أرميخيدس الالهي ، وديكارت ، الذي كان يرى ان كل الأشياء الاصطناعية هي بذات الوقت طبيعية ، ومرسين (Mersenne) ، وكل العلماء من المدرسة الشابة ادخلوا بالقوة تقريباً عالم المختبر الى الساحة التي كانت حتى ذلك الحين مخصصة للعالم صاحب اللقب الذي يتفلسف حول جواهر الأشياء . نلاحظ فضلاً عن ذلك ان العالم الواصل جديداً ، اذا اراد ان يحصل على آلات جيدة ، كان عليه ان يفبركها بنفسه .

وارتدت « الظاهرة » او الحدث قيمة جديدة . فمن أجل تفسيره لم يعد العلم الفتي يبحث ، مثلاً كان يفعل العلم القديم ، في ربطه بمبادئ ميتافيزيكية ، بل اعتبره كمعطى متماسك وفسره بعد

اكتشاف قواعد تماسكه أي القوانين . والنماذج الميكانيكية التي اقترحها الرياضيون ليس لها في العلم القديم الأهمية « الفرضيات » . هذه النماذج أصبحت كل شيء في العلم الجديد .

وازداد التعلق بالآوتومات في القرن السابع عشر : فكان هناك « الكهوف السحرية » ، والابعد الغريبة المدهشة ، واكمال تصنيع الساعات الدقيقة . ولكن الشيء الذي تم تحقيقه يومئذ لم يكن شيئاً بالنسبة الى المطلوب المبني ، إذ أنهم جعلوا من الطبيعة من الناحية المثالية شيئاً آوتوماتيكياً لا حدود له . بالنسبة الى ديكارت النفس تتحكم بحركات الجسد كما يتحكم السقاء بحفريات القنوات أو كما يتحكم نافع الأورخ بالهواء الذي يدفعه في الانابيب المختارة .

وهكذا ظهرت الموديلات الأولى المصغرة . درس جيلبرت المغناطيسية والكهرباء الأرضيتين على « التريلا » وهو مغناطيسي دائري كروي اعتبر بمثابة « أرض » ؛ واستخدم ديكارت كرة هارون الاسكندري (وهي كرة تتحرك تلقائياً بخروج البخار منها) ، لدرس حركة البخار . وابتكر الأب فورنيه (P.Fournier) ، ونفس الغرض مخرطة ذات فتحات مرتبة بإتقان .

الفكر الميكانيكي - وهكذا تكونت الفيزياء الميكانيكية ، وبالتعميم هذه البيولوجيا الميكانيكية ، وحتى ، عند هوبز (Hobbes) هذه السيكلوجيا الميكانيكية ، وهي أشياء حاول « الفن » أن يعيد صياغة طبيعتها ، هذه المجالات استحققت بالتالي اسم « العلم » .

وعلى كل لم يكن هذا العلم في القرن السابع عشر باستثناء ديكارت ، دوغانتيكياً . ان حرص مرسين (Mersenne) : علمنا يعيد صورة الأشياء ولكن الأشياء لها طبيعتها الخاصة ، هو حرص كل علماء عصره تقريباً . ويقول آخر ان العلم الميكانيكي ، لم يكن ، عند أي مستوى تفسيراً كاملاً ، بل ترك الساحة حرة أمام موقف فلسفي . انه براغماتيكي عند مرسين (Mersenne) وغاسندي (Gassendi) وروبرفال (Roberval) وغالبية علماء القرن ، وكان صوفياً عند باشكال وميتافيزيكا عند ديكارت وعند نيوتن . في هذا الحوار البادي بين الفلاسفة والعلماء المحدثين ، اطلق مالبرنش (Malebranche) عبارة كان لها وقع طويل مديد : لترك للميتافيزيكا دراسة القوة الغامضة الفعالة في الانسباب ، أما العلم فيكفيه معرفة القوانين .

تغير القيم - وبصورة تدريجية على كل حال اتجهت الفيزياء الجديدة الى احتكار كلمة علم القُدرة تقديرأً عالياً يومئذ . ويدا روبرفال (Roberval) وكأنه أول لا أدري بالمعنى الحديث للكلمة ، غير شكك بحسب الأسلوب القديم ، إلا انه لم يكن يؤمن بالا بالعلم .

وهكذا من باكون (Bacon) الى القرن الثامن عشر بدلت المعرفة - والمعالجة - للظواهر تنساب بخجل في بادي الامر ثم بطمأنينة وثقة ، في المجال المخصص « للعلم » . حيث تألفت وتزاوجت مع الميتافيزيك . ولكن بعد ذلك رغم أن كلمة عالم كانت تدل في ذلك الحين ، كما وردت في « صحيفة العلماء » ، على الانسان الموسوعي ، - هذه المعرفة ظلت العلم الوحيد في الفهارس والمصطلحات ، ومن هنا مال بعض الفلاسفة الى اعتبار الميتافيزياء شأناً من شؤون « الرأي » . إنها

مغامرة عجيبة ، مرت غير منظورة ان نحن اكتفينا بالكلمات وحدها ، الا انها اقتضت ، رغم دوام هذه الكلمات ، قلباً حقيقياً لمعانيتها .

اصلاح الادمغة - لقد غير العلم اتجاهه لأن فكر الانسان قد تغير . يقول مالبيرنش : « التجربة تعلم ، الى حد ما انه لا يمكن اقتناع الديكارتى عن طريق مبادئ ارسطو ولا اقتناع الارسطي بمبادئ ديكارت . وبالنسبة الى هذا « الفكر العلمي الجديد » لم تعد اعتبارات « المظاهر الحسية » اغراء . لقد فهم غاليلي تماماً دعر العلماء القدامى (دياالوغو 1632) : فابعادهم عن « الطبايع الخالدة » يعني تدميرهم هذا الملاذ هو هذا الحمى الذي كانوا يهتمون به . ولنشر العلم الجديد لا بد من العمل على اعادة صنع ادمغة الرجال . لماذا الاعجاب بالسماوات التي لا تنفى ؟ الثابتة الازلية ؟ ان الحياة في الحركة ، في الدورة التي تمس الاجيال ويطالها الفساد . وكل شيء عدا ذلك تافه محقر وميت . ولكن الفكرة سبق ان وجدت في كتاب ماغنيت (De Magnete) لمؤلفه جيلبرت (Gilbert) ، والذي صدر رمزياً في فجر القرن أي سنة 1600 . وهو كتاب اعتبره غاليلي مستحقاً للمدح وللخطبة ، وقال باعتباره كأحد الاسس في بناء الفكر العلمي الجديد . كتب جيلبرت يقول : ان الارسطيين يذكرون ان الطبيعة تبحث عن السكون : « ولكن كل الاجيال تولد من الحركة التي لولاها لنامت الطبيعة » . ولهذا بدا « جيلبرت كوبرنيكياً على طريقته إذ إنه ما زال يعتقد بوجود روح مغناطيسية ل الارض ، وهذه فكرة لم يحقرها لا غاليلي ولا نيوتن . فجرمأن الارض من الحركة في حين أن كل الكواكب تتحرك ، جعل الاقدمين يضعون الارض في حالة بؤس : « الارض وحدها في نظرم هي حثالة تعيسة في العالم ، وهي غير كاملة وميتة وجاملة ويدون فائدة » (1) .

ويقتضي اصلاح الادمغة اصلاً في المحبة ، في العاطفة التي تجرؤ على ترك « الملاذ » ملاذ الكائنات التي لا تفسد ، لكي تدرس الظاهرة القابلة للفساد . وبقى يعيدون عندما نشير ، من اجل تفسير العقلية الجديدة ، الى ترك منهجية التسلسل . وبعتراف غاليلي ، كان جيلبرت (Gilbert) هو المعلم المرشد . - ويقول آخر : انه الشاهد الاول المؤكد - على هذا الانقلاب . لقد ناضل ضد « الجين ، جين الفكر الشعبي » الذي يكتفي بأن يردد ويرفض كل تجديد . وإذا فجيلبرت يجرم الكسل الفكري ، وتقديم كتابه يعبر عن كل فكره : ان الفقهاء يتعبون انفسهم في فلسف يدور حول نفسه ، « واني اكتب من اجلكم فقط ، انتم الذين تعرفون بحق كيف تتفلسفون ، انتم المتخلصون من الافكار المسبقة ، الذين يبحثون عن العلم لا في الكتب وحدها بل في الاشياء بالذات ، قد كتبت هذه المبادئ حول المغناطيسية ، الملوونة من كيفية جديدة في التفلسف » . من باكون (Bacon) الى باسكال (Pascal) ، الى مالبيرنش (Malebranche) ، لم يكن العمل الا الاجابة على هذا النداء ، ان الفكر العلمي الجديد ، هو ، بعد التخلص من علم تأملي ، التحول الى « الحركة » الحديثة . ولكنها مصححة بنوع من الميتافيزيقا .

(1) Gilbert, de Magnete (Londres, 1600) liv.V chap. 12, p209.

- ان هذه الكلمات هي التي استعاضها حرفياً غاليله في كتابه « دياالوغو » .

VI - من الكون الكامل الأزلي الى الكون المتحرك

ان يسبق هذا الاصلاح الذهني ، في اغلب الاحيان ، تقدم التقنية (دون ان يكون على الاطلاق نابعها) هذا ما لدينا الاثبات عليه عبر تاريخ الانتقال من الكون الازلي (Cosmos) الى الكون العرضي (Univers) .

ان الكون [الجوهر] ككل منظم غائي ، غير قابل للفساد ، متراتب محدود بكرة الشوايت ، اخذ يتهاوى ، في الفكر الحديث مع « دوكت اينيورانس » (Docte ignorance) لـ نقولا دي كوي (Nicolas de Cues) (1440) . معه بدأ الانسان يخرج من « الملاذ » حيث كان يلوذ الكثيرون من معاصري غاليلي (Galilée) ايضاً . بالنسبة الى دي كوي (De cues) لم يعد هناك مركز قابل للتعين بالنسبة الى العالم . لقد بنى كوبرنيك (Copernic) فيما بعد علماً يتمحور حول الشمس ، في حين ان برونو (Bruno) عاد الى فكرة العالم غير المنتهي .

من الملحوظ ان هذه الافكار قد صيغت في بادئ الامر وكأنها معطيات مسبقة ، وكأنها رغبة في اللانهائي وفي الحركة ، دوغماً علاقة ، حتى حينه ، بالتجربة الخارجية . هذا التدمير للكرة السماوية يبدو كنوع من الحرب .

العالم نظام قوى - كانت الامور عند هذا الحد في مطلع القرن 17 . ولكننا نعلم بعد ذلك ان « الحركة » قد انتصرت ، وانهم سوف يهتمون بعد ذلك « بالظواهرات » . ضمن هذه البحوث التأملية المتبقية من رؤى الفكر سوف يدبجون واقع الأشياء .

وهنا ايضاً يحتل جيلبرت (Gilbert) مكاناً مرموقاً . لا شك انه لم يقل شيئاً عن حركة الارض حول الشمس ، ولكنه دورها حول نفسها كما فعل كوبرنيك ، أما ما لم يفعله كوبرنيك (Copernic) ، وفعله جيلبرت ، فهو انه بحث عن سبب « فيزيائي » لهذا الدوران . فقد كان يرى ان الارض مغناطيس - وهذا هو الخطأ الوحيد الذي أخذه عليه غاليلي - وان مغناطيسيتها الذاتية هي التي تدورها . واكثر من ذلك ، انها مزودة بقطبين مغناطيسيين ، ولذا فهي تشكل حقيقة فيزيائية داخل نظام للقوى ، وهذا يعتبر تقدماً ضخماً بالنسبة الى « علم الحركة » (Cinématique) عند كوبرنيك (Copernic) .

ان كبلر (Kepler) - المؤسس الحقيقي لنظرية محورية الشمس العلمية - قد رأى هو ايضاً في الشمسي وفي الكواكب مغناطيسيات . ولكنه تجاوز بكثير الهامات جيلبرت ، لقد بنى اخيراً - نظاماً شمسياً « ذا قوى محررة ، جذابة ومغناطيسية ، ووصف حركات صحيحة . ولكي يصل الى هذا ، توجب له « تحت طائلة اية تحديات واي جهد - ان يقطع علاقاته اخيراً مع السحر القديم سحر الحركة الدائرية . وهذا لم يكن فقط نجاحاً في الحساب ، بل انهار معتقد معمر أزلي . واكثر من ذلك اذا كان فضلاً ظل متناهماً ومحدوداً بكرة الثابت الا انه لم يعد قضاء نوعياً : لم يعد هناك من « امكنة طبيعية » ، كل « الامكنة » متساوية . وحول هذه النقطة ايضاً ، كان تقدم التقنية يقتضي رؤية جديدة للأشياء

كون قابل للفساد؛ كون غير محدود- في سنة 1609، ترك كبلر Kepler النجوم (الثوابت) خراج المعطيات السارية على بقية الاجرام السماوية . ولكن بعد 1610 مكن المنظار الفلكي (المرصِد) من رؤية بقع في الشمس ومن رؤية جبال في القمر . ان « سامبليسيو » المذكور في « دبالوغو » غاليلي، لم يكن يقبل بهذه الاشياء الجديدة المفضحة التي تحرم الكواكب من طبيعتها الازلية ، كما توحي ، بصورة اقوى ، بفكرة ان الارض هي كوكب كبقية الكواكب الاخرى . ولكن اعتراضاته لم تكن تستطيع ايقاف المجددين ، لا لانها لم تكن بدون قيمة فقط ، بل ايضاً لان الاحداث الجديدة تخدم بشكل مناسب تماماً هذه الارادة المصممة الراغبة في « حلثنة » ومظهرة العالم الكواكبي ، اي جعله عالمًا حدثانيًا .

ان علم فلك غاليلي لم يسجل تقدماً بالنسبة الى عالم كبلر (Kepler) ، الا انه عمم واشاع محورية الشمس ، ومحاکمته اذاعت شهرته . واذا كان قد اخطأ بعدم تتبع كبلر (Kepler) بدقة ، حول مسألة المدار الاهليلجي للكواكب (لفرط ما كان المتقد القديم بصوابية الحركة الدائرية راسخاً ، حتى على عقل عبقلة) الا انه بالمقابل اعطى حيزاً للكون . (Il donne du champ à l'Univers) . لقد رفض - وهو يستعيد تقريباً ، عبارة نقولا دي كوي (Nicolas de Cues) ، لانها اقل تعريضاً من عبارة برونو (Bruno) - ان يقرر ما اذا كان العالم متناهيًا أو غير متناهي ، إلا أنه أوحى ولج بأن فكرة العالم المتناهي ليس لها أي أساس إلا اعتقادنا العفوي بحورية الانسان . هذا الحل لعالم « غير محدد » تمسك به ايضاً ديكارت . هل هي صيغة « حلثة » بعد المأساة التي حلت برونو ؟ (Bruno) ليس ذلك أكيداً . ومهما يكن من أمر ، الشيء الجوهرى قد حصل : ان كرة الثوابت قد ذابت في الكون المتغير الجديد

توحيد أفيزياء السماوية والفيزياء الارضية - ان ديناميك غاليلي هو الذي بقي ، مع شجاعته الكبرى امام المحنة ، عنوان عظمتة ومجده . فقد نزع كل احتمال عن « محورية الارض » ، وبدأ يرد على برهان تيكو براهي (Tycho Brahé) الذي لم يكن يريد ان تكون الارض كوكباً من الكواكب . ومع ذلك كان لا بد من انتظار هوك (Hooke) ونيوتن حتى تلتحم حقاً ، ضمن علم واحد ، فيزياء السماء وفيزياء الارض . ويمكن القول اذا ان هذا التقدم المحسوس كان يقتضي الجهد الثابت لقرن كامل . وبالنسبة الى غاليلي ايضاً ، لم تكن الارض المتحركة لتخلق في الجسم الساقط سقوطاً حراً قوة تماس مستقيمة - وقد تجرأ بورلي (Borelli) فادخل لاول مرة في التاريخ « القوى النزاعة عن المركز في الميكانيك السماوي » ولكنه ، عندما اقتضى الامر دراسة اثر مثل هذه القوة في سقوط الاجسام على الارض ، تراجع ، وعاد الى الجواب - غير الكافي - الذي واجه به غاليلي تيكوبراهي . حتى بالنسبة الى انصار المدرسة الجديدة ، لم يكن من السهل عليهم ان يروا ببساطة ان الارض هي كوكب ! واخيراً مع نيوتن : ان نفس القوى هي التي تعمل حقاً على كرتنا وفي السماوات . من كواكب « غير وازنة بطبيعتها » الى كواكب « ذات وزن » عند نيوتن ، هذا هو الطريق الذي تم اجتيازه ، وكمن من حاجز ميكولوجي كان يجب التغلب عليه .

السقوط او الجذب - من جيلبرت Gilbert الى نيوتن مروراً بكبلر ، فرضت فكرة « الجذب » (التي ظنت ، في بادئ الامر ، وكأنها قوة مغناطيسية) نفسها في مواجهة الفكرة القديمة ، فكرة الاجسام التي تقع « مدفوعة » برغبتها في العودة الى مكانها الطبيعي . وظل ديكارت متحياً ، مثل مالبرانش (Malebranche) ، مرعوباً بهذه « القوة الجاذبة » التي كان يراها قدرة خفية . فبالنسبة اليه ، كما بالنسبة الى الارسطيين ، تكون الاجسام مدفوعة ، انما هذه المرة ، بعواطف ميكانيكية .

هذا النزاع لم يكن الا مظهراً من مظاهر الصراع بين الميكانيسم والديناميسم والذي سوف نعود اليه

العالم له تاريخ - بالمقابل عمل ديكارت (Descartes) اكثر من أي كان ليثبت ان الارض والكواكب ذات طبيعة واحدة ، والبقع في الشمس اوحث له ان هذه الكواكب ، وبالتالي كل النجوم ، لها تاريخ ، وان الارض هي « نجم » بارد وان السماوات ، كما رأى برونو ، هي تراكب كواكب متساوية وانها كلها تتبع نفس القوانين . واستغل الاب كرشر (P. Kircher) هذه الفكرة . اما كتابه « موندوس سوترانوس » (Mundus subterraneus) المضطرب انما الشمين (1664 - 1665) فيمكن ان يعتبر كأول كتاب في الجيولوجيا الحديثة .

ولكن حتى يتولد هذا العلم ، كم من العقبات يجب التغلب عليها ! نفهم الفائلة الممكنة من النظر في باطن الارض ، يتوجب أولاً - كما قاله ديكارت وكشر (Descartes et Kircher) بالكلام الصريح - تبديد احراجات العلماء القدامى الذين كانوا يرون ان الظواهر الباطنة تفسر بالظواهر العليا (بالاحوال الجوية التي هي فوق سطح الارض) . فضلاً عن ذلك ، يجب ان لا ننسى ان الارض كانت يومئذ « عنصراً » اي انها مبدأ بسيط لا يتطلب لا ملاحظة او مراقبة ولا تحليلاً . وكان على غاليلي ان يكرس صفحات طويلة في « دIALOGO » (Dialogo) ليقنع سمبليسيو (Simplicio) بانها ليست عنصراً ، ولا هي بالتالي تشكيلاً بسيطاً ، بل تجميعاً من الاجسام المعقدة جداً ، وهنا ايضاً ولكي تستطيع العيون الرؤية ، يتوجب على الادمغة ان تتغير ، وقد عرف ستينون (Sténon) وقال كم هو مدين ، ان لم يكن لعلم ديكارت (Descartes) ، فعلى الاقل بالنسبة الى العقلية الديكارتية . وكان من الواجب ان يفرض هذه العقلية الجديدة نفسها حتى يتسنى أخيراً إيفاء عمل برنار باليسي (Bernard Palissy) حقه بعدما كان محظرواً لفترة طويلة

وللانتقال من الكون الازلي الى الكون العرضي ، كان لا بد من حدوث ملاحظات تقنية لا تخصي ، كما كان لا بد من اجراء حسابات مستعانة بصورة مستمرة . هذا التجديد للعالم كان ، نوعاً ما الوجه الآخر لتجديد مماثل حدث في العقلية العلمية .

V - ما وراء الادراك

كانت الفيزياء النوعية تعتبر الواقع ما يدرك مباشرة . وبحسب تعبير برنشفيك (Brunschiwig) نُجِّلْ الاوالية (Mécanisme) محل هذا الواقع المحسوس واقعاً فكرياً .

ولكن هناك بعد كبير بين الصيغة الرياضية والواقع المحدد . في بداية القرن ، ظل المبدأ الذري القديم ، الذي لم يتغير منذ أبيقور و لوكرس (Epicure et Lucrèce) ، رؤية فكرية ، عاجزة عن سد الفراغ . ولم يكن رقص وثوران المادة المرهفة بأفضل أو أعلى قيمة .

ثم انه حتى موت ديكارت (Descartes) ، ظل العلم الجديد يشير الدهشة والاعجاب ولكنه أيضاً يشير الفرع لفرط جرائه . فقد تعمّم بصفاء مذهل ، لم ينبج منه الا مرسمين الحذر . نذكر هذه المناقشات التي لا تنتهي حول الخط المنحني الذي يجب ان يرسمه الجسم الساقط « نحو مركز الارض » ، وفي الاجوبة الحاسمة خطأ والتي قال بها غاليلي ، وبالاستنتاج الديكارتى لعالم كل شيء فيه واضح واكيد كعالم ارسطو انها جراءة عظيمة ولا شك : إذ لو أنهم رأوا من اول وهلة كم هي معقدة ، أشياء الكون إذا لأصيبوا بالخوف ، هؤلاء المحدثون القدماء . وبقي على كل حال انهم لم يستطيعوا الهرب من الادراكات البسيطة ، التي ليست ابدأ الادراكات النوعية عند الارسطيين ، بل هي ادراكات الميكانيكيين الذين ما زالت ماكيناتهم بدائية . « من الذرة الى النجم » ومع ذلك فقد شاهدوا الكون يبنى وفقاً لنموذج هذه الآلات البسيطة . وبعد 1650 اخذت المناهج الجديدة كتسب مزيداً من الدقة ، واخلد الفكر العلمي الجديد يزداد حذراً ونضجاً .

الملاحظات الدقيقة والحرص على الاجزاء العشرية - ان الرابط بين الكون المرئي والكون الفكري مدين كثيراً للرياضيين الذين حرصوا على التمسك بفكرة الحد . وقد تأمل غاليلي بهذه المسائل وهو يتتبع اعمال كافاليري (Cavalieri) حول الارقام غير القابلة للقسمة ، واعتبر ان مساحات واحجام الاجسام الجامدة مؤلفة من عدد لا ينتهي من الذرات التي ليس لها امتداد . ان بين الادراك والواقع تمتد منطقة نستطيع نحن ادراكها ، أن لم يكن بالحس فبالحساب .

وبعد اختراع وتطبيق الحساب اللامتناهي في الصفر ، بدأ الاحصاء بهذه المنطقة الوسط التي ليست المظهر المحسوس الخالص ، المشبع بالذاتية ، ولا هي مجرد بناء مسبق كما هو الحال بالمذهب الذري السائد يومئذ او بعالم غير مستقر .

ويعتبر عمل لينتز (Leibniz) ، مع مبدأ اللامرئيات ، دعوة الى المراقبة الدقيقة ، والى وعي تعقيدات الواقع . ان معنى هذا التعقيد قد خفي على ديكارت . وهذا المعنى كتب لينتز Leibniz في كتابه « انيماتادفرسيون » (Animadversiones) عن خصمه الكبير ، انه « اعتبر كأشياء ثابتة ، امورا غير مؤكدة اطلاقاً » فهو يضلل القارئ السهل بإيجازه التحكمي .

ومالبرانش (Malebranche) لاحظ أيضاً أن عالم السيد ديكارت (Descartes) « أجمل من أن يكون واقعياً » . أن ماكينة العالم هي اكثر تعقيداً بكثير من ماكيناتنا ، بل حتى من هذه الماكينة الكونية التي تنصور : « ان الطبيعة ليست على الاطلاق مجردة ؛ والامتثال والدواليب في الميكانيك ليست خطوطاً ودوائر رياضية ... نفترض مثلاً أن الكواكب ترسم بحركاتها دوائر وإهليلجات منتظمة تماماً . وهذا غير صحيح على الاطلاق » . لقد تجرأ كبلر (Kepler) ، وحطم سحر الدائرة ، فرأى المدار

الاهليجي للكواكب . وتحمر الفكر من الخرافة بفضل الجيل السابق ، فبدأ الآن يكتسب التعلق بالدقة ؛ لقد ادرك مالبرنش (Malebranche) ان هذه الاهليجات ليست كاملة ، وفسر نيوتن لماذا لا يمكنها ان تكون كذلك فعلاً .

لقد أخذ العلم الناشئ يبين له « ممبليسيو » (Simplicio) ان « الأرض العنصر » لم تكن الا مفهوماً اجتماعياً محققاً . ومع الزمن تبين هذا العلم انه بذاته ، حتى في معادلاته الرياضية ، قد حمل الكثير من العناصر التي يتوجب تحليلها بدورها . وعندها بدأ عصر الملاحظات الدقيقة : تجارب مالبرنش (Malebranche) ونيوتن البصرية ، القياس الدقيق لحظ الهاجرة (1671)، تغييرات في الجاذبية الأرضية (1673) ، الملاحظات الجيولوجية لليبنيز (Leibniz)، الخ . واخذ العلم يسلك مساراً حديثاً حقاً .

عالم الميكرو سكوب - قد نعجب في هذا الجو كيف ان اعمال لويتهوك (Leeuwenhoek)، وان اثاره الفضول الكبير، لم تأخذ ، عند بناء علم العصر ، النصيب الذي تستحقه . ومع ذلك من فعل أكثر منه من اجل تقريب هذا الـ « ما وراء الادراك » ؟ .

لا شك أن روبرت هوك (Robert Hooke) قد فتح له صفحات «التسويات» والترانزاكيون (Transactions). الا انه قدم ضد نظرية الجيل الآتي العفوي الفجائي ، التي لا يجب ، وقائع مهمة ، الا ان النظرية القديمة ، المهزوزة سابقاً بفعل ريدى (Redi)، لم تتأثر . ولكن لويتهوك-Leeuwenhoek كان على طريق اكتشاف الميكروبات ، ولكن لم يقم اي احيائي بأخذ الاستنتاج . ان الاكتشاف الرئيسي للحويونيات (Spermatozoides) لم يؤد إلا الى احياء الخصومة بين التكوين المسبق (بالكامل) والتكوين على مراحل (التكون التطوري) . واذا كان لا بروير (La Bruyère) الفرنسي قد فهم ان اعمال لويتهوك (Leeuwenhoek) وسومردام (Swammerdam) تعطي في النهاية معنى محدداً للابحاث التقليدية حول العثة (آكلة الثياب) فان العلماء المتفرغين ، باستثناء هوك (Hooke) وليبنيز بالتأكيد - وهو فيلسوف « الادراكات الصغرى » - قلما ادركوا المدى العام لهذا النجح .

واحد اسباب هذا القبول النصفي يقع بدون شك على لويتهوك (Leeuwenhoek) بالذات ، الذي كان عصامياً موهوباً ولكنه قليل الاطلاع على المسائل الكبرى . وهناك سبب آخر ولا شك . وكما قال باكون (Bacon) : ان ادراك المحدد يتطلب تعلماً طويلاً . ويتطلب ايضاً اجراً . والتجريبية التي اخذت تسود بعد موت ديكارت ، لم تعرف كيف تتجرأ . في بداية القرن طرحت الصور الجديدة التي قدمها التلسكوب مشكلة ميتافيزيكية حقة : ماذا يعني هذا الانتقال « من الوجود الى الوجود » ، فيما يخص اشياء لم تكن من قبل مرئية ؟ وقد ضايق هذا الامر غاليلي نفسه حيث تبين صعوبة التنسيق بين هذه الاشياء الجديدة التي استخرجت من العدم حقاً ، وبين موضوع الادراك المباشر الذي كان حتى ذلك الحين الكائن الموجود لوحده . المسألة لم تعد تطرح بعد سنة (1650). على ان الانتقال من المتناهي الصغر الى المعطى المعتاد يبدو اسهل في مجال الافكار الخالصة - فيزيائية كانت ام ميتافيزيكية -

اسهل مما هو عليه في مجال الملاحظة والرصد . سئل لويبنوك (Leeuwenhoek) اذا كان قد شاهد الذرات ، وبناء على جوابه السلبي تركه المنظرون في مواجهة تجاربه . اذ لم يكن احد بعد قد تصور طول الطريق الباقية ! كتب كلود دوبل (CL.Dobell) يقول : « تمتلك البشرية المعطيات الضرورية ، كما تمتلك ايضاً - كالمعتاد - الفرضيات الملائمة : ولكن مجرى التاريخ بين ان المعرفة وان الافكار تغفل ابكر من غيرها » .

لا شك ان الفكر العلمي قد نضج بين ديكارت ومالبرانش (Malebranche) ونيوتن ، الذي رتب مبادئ الفيزياء على اساس المعطيات الجديدة . ولكن الجنى كان ضخماً مثل جنى الميكروسكوبيين ولذا بقي تقريباً غير مستثمر بكامله .

VI - ميكانيسم وديناميسم أو الآلية والحركة

كل المدرسة الجديدة ارادت ان ترى في الطبيعة آلة عجيبة . لقد طردت الارواح والقدرات من الاشياء . كما طردت الحياة من الحي ايضاً ، كما لاحظ ذلك جورج كانغيلهم (G.Canguilhem) . واجرا التعميمات في هذه المدرسة ، هي ، من غير منازع ، نظرية الحيوانات الالات . ولكنهم بهذا كانوا يحرمون الفيزياء من الصور الإحيائية ، فأسسوا علماً احياناً اولى أدى خدمات جلة .

في القرن السابع عشر ، لم تتناول المناقشات هذا المنهج الكلي الجماعي الذي كان ، حسب ما يقال ، مقبولاً لدى جميع العلماء . ولكنهم ذهبوا بعناد ينتقشون من اجل معرفة ماهية العناصر التي بنيت منها هذه الآلة فعلاً .

الجيومترية الديكارتية المسرفة - ان الميكانيسم الديكارتى ، بحكم انه ديكارتى ، ذهب بهذا الشأن مذهباً خاصاً جداً . فقد تصور ديكارت ، وبقدر استطاعته ، العالم وكأنه ترتيب مجسد اي جيومترية . من هنا معاهاته بين المادة والاتساع . وجهله بفكرة الهويلى او الكينونة ، والغموض الذي كان يحيط بفكرة القتل النوعي (الى ان جاء بويل Boyle) سهلاً على ديكارت فضلاً عن ذلك تعريفه للجسم بابعاده فقط : « ليست الجاذبية ولا الصلابة ولا الالوان ... هي التي تشكل طبيعة الجسم بل اتساع مده فقط » (المبادئ II ، 4) .

ولكن هذه « الابعاد » تظل في حركة دائمة ، ولهذا توجد ظاهرات ويوجد عالم . لقد وضع الله في العالم كمية ثابتة من الحركة - واعتقد ليبنيز (Leibniz) أنه اكتشف هنا « خطأ تاريخياً عند ديكارت » .

هذه الحركة ، اين تكمن وكيف تنتقل ؟ .

وكردة فعل ضد الفيزياء القديمة ، وايضاً كتكوين فكري خاص ، اظهر ديكارت (Descartes) كرهاً لا يقاوم ضد كل ما يمكن ان يشكل قوة « فضيلة » كامنة في الجسم . ان الجسم ليس له بذاته الا بعده فقط . اما ثقله النوعي ، فهو الدفع الواقع عليه من المادة اللطيفة . وايضاً يمكن القول انه يتلقى

هذه القوة ؟ لان الجسم النموذج ليس له أية مطاطية ؛ ان صلابته هي الجمود ؛ جمود الجسم الجيوميتري (المحكوم بقانون الأرض) .

ومبدأ نسبة الحركة التي اثبتت نفسها منذ غاليلي ، انتهى عند ديكارت الى اقصى نتائجه . لا شك ان ديكارت قد استطاع ان يذهب في هذا المظهر من نظريته الى اقصى الحدود ، لكي يفسر بحذر كيف ان الأرض يمكن ان تكون ساكنة داخل دوراتها العنيف . ولكن في الأساس كانت هذه العقيدة مفضلة عنده : فهي تنهى « انهاك » الظاهرات ، والمثال بالنسبة اليه يكمن في اعتبار ماكينة العالم وكأنها مصور ضخّم حسن التفضل او الترتيب .

ويمهالة المادة بالاتساع تقتضي عدم وجود فراغ . لان الفراغ سوف يكون « امتداداً بدون امتداد » . كما يقتضي عدم وجود ذرات لان الذرة هي « امتداد غير مرئي » .

ولكن وبالتأكيد ليس العالم صورة مرسومة من هنا المادة اللطيفة ، والقوة في السكون « و الفعل البذني ينقل » ، ومنه ايضاً الميكانيك الذي ، كما يقول ر. دوغاس (R.Dugas) ببراعة « حركية الصدمات حركية تجعل من العالم لعبة بليار ضخمة » . ان ديكارت يلمس هنا مفهوم الميولي عندما يكتب بان « كلما احتوى الجسم مادة كلما ازداد جموده الطبيعي » . واذا كان قد قرر : « ان الله هو اول سبب للحركة » فان الحركات الخاصة تبقى محكومة « بقوانين الطبيعة » ، وهذا يعني العودة الى الاسباب الثانية .

ويبقى ان هذه الجيوميترية الاساسية سوف تكون « الخطيئة الاصلية » - ولكن كم هي خصبة - في الديكارتية (آ. كوارى) (A.Koyré) . انها افلاطونية الخاصة به ، صورة آله يندس الأرض ، بقى رسمة حلوة واعطى ، أخذائاً للأشياء ، للصور حركات تنقلية ، حركات تتواصل بين رسمة ورسمة ، ولكنها « مقبمة » أقل ما يمكن في كل من هذه الرسومات . ونجاء الواقع اضطر ديكارت الى الالتواء والانحراف ولكن هذه الرسمة هي التي حفظها عنه معاصروه وخلفاؤه المباشرين : انما مالبرنش (Malebranche) وهو ينادي بالعرضية العفوية لم يكن يقصد أبداً البعد عن ديكارت . وليبنز (Leibniz) عندما أعطى للأشياء القوة ، وكذلك نيوتن ، كانا يعرفان انها يهدمان كل فلسفة ديكارت .

سكان الفضاء - كان لا بد ، في ظل العالم الصورة المرسومة ، العودة الى البحث عن القوة ، كما هو الحال عند القول بالحيوانات الماكينات ، أي العثور على الحياة .

والتكنيك يتقدم . وسوف يتم ايضاح ماهية هذه القوى السكونية والحركية التي تركها ديكارت في الظل . والتفكير بالأولى أي بقوى الراحة يؤدي الى استخراج مفهوم الميولي ، كما يؤدي من جهة اخرى الى دراسة منهجية الظاهرات المطاطية : ان الجسم المطلق الجمود لا وجود له عند ديكارت ؛ ان الجسم يقاوم وينقل الحركة لان له بنية ولا يعمل مثل « الزنبرك » . اما بالنسبة الى الآخرين ، فسرعان ما نعلم ، مبدئين هويجنس (Huygens) ، ان القانون الديكارتى الثالث حول الحركة هو خاطئ : لان ما يحفظ في أغلب الاحيان ليس الحركة ، بل القوة الحية ، أي في المنظور اللينينزي ، نوع من « الفعالية » في المتحرك .

وعن طريقين مختلفين ، تم التخلي عن الجسم الجيومتري الديكارتي ، لقاء اعطاء الاشياء نوعاً من « الجمعية » أي « الذاتية » .

وهكذا لا يُردُّ « سكان الفضاء » بحسب الفكرة التي كونها لينيز هو ايضاً عن ديكارت ، الى « مسألة » المضمون المكاني (Impletio spatii) ، والى « الناقل المكاني » (Mutatio spatii) . ان الفيزياء الحقة ليست حركية الصدمات بل هي « ديناميكية » (نظرية تفسر الكون بلغة القوى وتفاعلها) .

ولكن اية فكرة سوف تتكون عن القوة ؟ لقد كان طابع ديكارت عميقاً الى درجة ان العلماء الذين تلوهُ - لو توجب عليهم بحكم الضرورة ان يُحيِّوا القوة - لاسقط في ايديهم جميعاً ، عندما يقتضي الامر تحديد « الحقيقة » .

لينيز والعودة الى فكرة القوة - لقد كانت المخاطرة اكيدة هنا ، فقد كان العهد قريباً بالقوى او « الفضائل » نصف النفسانية التي كانت في الفيزياء القديمة . خطر لم يتجنبه لينيز ، ان لم يكن في فيزيائته ، فعلى الاقل في فلسفته . ان الصورة المحركة في كل نظامه كانت صورة « الادراكات الصغرى » ، نقل فلسفي للحساب المتناهي الصغر ، والتي تلعب بالنسبة اليه دور صورة الصدمة في النظام الديكارتي . ولكن هذه الصورة ، للاسف ، لم تعد فيزيائية بل سيكولوجية .

توجد كل الدرجات بين الادراك الواعي والادراك غير الواعي ، الذي هو درجة متناهية الصغر من درجات الوعي . والقوة فيزيائية كانت ام سيكولوجية ، فهي دائماً عفوية ، وحميمية وتوجه نحو المستقبل ، وغائية . انها (أي القوة) تحدث في كل مكان « تغييرات » بالمعنى المدرسي للكلمة ، تغييرات تربط الحركة المحلية بتحقيق نوعي وغائي . لقد قلب غاليلي وديكارث التعابير ، ولم يعرفا في الفيزياء الا الحركة المحلية . ان التغيير يمثل تعددية في الوحدة . وهذا التمثيل ليس شيئاً آخر غير ما نسميه « الادراك » . ان لينيز قد اخذ على الديكارتيين انهم رفضوا القول بوجود « روح عاقلة ونفس » في الحيوانات ، ولكنه هو نفسه سوف يجد حتى في الاشياء ، مد أن لها وحدة ، نوعاً من الروح . انه بحثٌ للاشكال الجوهرية : « لقد وجدت اذا ان طبيعتها تقوم على القوة ، وان عن هذا ينتج نوع مماثل للحس وللشعيرة ؛ وهكذا يتوجب تصور الاشكال الجوهرية على شاكلة المفهوم المتكون لدينا عن الانفس » .

ان القوى المادية ، كالقوى الروحية ، تتصافر من اجل تحقيق « الانسجام الاولي » مما يتيح اعادة الغائية الى العلم . وهكذا يبنى لينيز ، حول فكرة القوة الحية ، ميتافيزيا روحانية .

واذا كانت اكتشافات الفيلسوف التقنية ، تضعه في مصاف عظماء العلماء ، فان تأثيره يوشك ان يقسد صفاء الفكر الجليلد العلمي . ولكن الفكر العلمي يعرف كيف يدافع عن نفسه ، وبالواقع كما يقول ر. دوغانس : (R.Dugas) لقد ساهم لينيز « في جعل فكرة القوة ، في نظر الميكانيكيين اليلدوين ، فطيلة حقبة » .

الدينامية عند نيوتن - اظهر نيوتن كثيراً من الحذر . فمن اجل اعادة القوة الى فيزياء ما بعد ديكارت اكتفى بالالتزام بالوقائع : واقعة المغناطيسية ، التي سبق لجلبيرت وغاليلي ان اثاراها ؛ واقعة الجذب والدفع الكهربائين ، المعروفين أكثر بعد اوتودي غيريك (Otto de Guericke) ؛ قوة البعد عن المركز ؛ الجاذبية الأرضية ، التي سوف تُردُّ إليها جاذبية الكواكب ، موحداً بهذا العمل ، الفيزياء السماوية والفيزياء الأرضية . ومن المحال تكوين فيزياء بدون هذه القوى الموجودة في كل مكان . وكان نيوتن من القائلين بالذرية مثل غاليلي وهويجنس (Huygens) . ان الاجسام الحقة ليست بمعزل عن بعضها البعض ؛ كما هو حال الاجسام الجيومترية عند ديكارت . ولكن « جزئياتها الصغيرة تعمل بعضها ببعض ، » بفعل جذب الجاذبية الأرضية ، وبفعل المغناطيسية ، وبفعل الكهرباء « وقد يكون هناك قوى اخرى جذابة نحن لا نعرفها (اويتيك ، كيري (Query) 31) .

كانت السمة الديكارتية قوية وظلت كذلك حتى انها لم تحتج الى المزيد لكي تطلق العواصف . فقد انتفض نفسه ضد « قوة الجذب » (Vis Attractiva) واطلق ضد نيوتن مقالة « أنتيباربوس فيزيكوس » (Antibarbarus)، ضد « اعادة احياء الصفات المدرسية والقوى الاوهامية » . حتى هويجنس (Huygens) وهو من القائلين بالدينامية ، رفض القوة الملتبسة التي قال بها ليبنيز (Leibniz) كما رفض قوة الجذب التي بدت له « تضليلاً » . اما مالبرنش (Malebranche)، فقد أعلن ان العلماء يقومون في السخف ان هم افترضوا حركات جذب وقلعة جاذبة لكي يفسروا لماذا تتبع العربات الخيول التي تجرها .

وحتى عند نيوتن بالذات ، شعر بضيق انسان عصره تجاه مجموعة من المصطلحات لم تتوضع بعد . عل العالم ان يفترض هذه القوى فهل هي حقاً حقائق واقعية ؟ ظاهراً هو متردد . فهو حتى مثل خصومه الديكارتيين ، لا يقبل بالعمل ، من بعيد ، بين جسم وجسم . ان الجذب والدفع لها سبب لا يكمن في هذه الاجسام بالذات . ولكن ليس للفيزيائي ان يهتم بالامر . ولذا فقد ذكر في المقطع من « اويتيك » الذي اوردها موضحاً في الحال : « اننا لا اتضح هنا ما هي اسباب هذا الجذب الممكنة . . . اني لا استعمل هنا هذه الكلمة جذب الا لا قصد على العموم قوة ما ، بها تنزع الاجسام نحو بعضها البعض ، مهما كان السبب . وفي بداية « المبادئ » (Principia) كتب يقول انه يعتبر هذه القوى « رياضياً لا فيزيائياً » . ومع ذلك ، وفي « السكوليوم جنرال » (Scholium generale)، لم يستطع التسليم بانكار كل حقيقة « فيزيائية » لهذه القوى التي بدونها لا يمكن بناء الفيزياء . « ويكفي ان تكون الجاذبية الأرضية موجودة حقاً ، وانها تعمل بحسب القوانين التي عرضناها ، حتى تكفي [لتشرح] كل حركات الاجسام السماوية وحركات بحرنا » . وهكذا بدت القوى الجاذبة « حقائق » بمقدار ما انها تستخدم بالايجاء (Par induction) لتفسير الأحداث . انها ليست اسباباً بالمعنى الميتافيزيكي للكلمة . وهي ليست أيضاً مبادئ ضرورية بمعنى المبادئ الديكارتية لسنة 1644 ، وهذا ما يُقصده كتاب « الفرضيات غير الملموسة » (Hypotheses non fingo) .

هذه القوى ذات الطبيعة ، أو ذات السبب ، الذي يتجاوز الفيزياء ، تتضامر مع ذلك ، لتشكل

كلًا منطقيًا ، هو العالم . ان الدينامية كمبدأ اتاجت للينينز ، كما لنيوتن ، ان يعيد الغائبة الى الطبيعة ، وان يثمر على الله (خالق الكل Pantocrator) في الفلسفة الطبيعية اي في ذروة الفيزياء . وقد عرضت الميكانيكيسمية الديكارتية كخميرة الحادية . وقد يراودنا الاعتقاد بان تردد نيوتن في اعطاء « واقع » لهذه القوة ، التي هي مع ذلك معطى أكيد بالنسبة الى المجرب ، انما كان ببساطة من اجل السعي الى العثور - دون توفيق - على التمييز الكانتي بين الواقعية التجريبية والمثالية المتعالية . ومن الافضل ان يقال انه بالنسبة الى نيوتن ، وهو ذوروح عميقة التدين ، يبدو العلم والميتافيزيا متلازمين متضامنين

مالبرتش Malebranche - ولكن مالبرنش سبق ان ذهب إلى أبعد في تكوين علم مستقل . انه يعرف تمامًا انه من الواجب عند ديكارت اصلاح فيزياء الصدمة ، وقوانين الحركة وانه يجب قبول دور القوة الحية . ولكنه يقي ، بدون جدال ، ديكارتيًا ، حين يرفض بان يزوج الفيزياء في ميتافيزياء القوة وفي ميتافيزياء السبب عموماً . كتب نيوتن يقول انه « يقبل بالجذب بمقدار ما يظهر في الاحداث مها كان سيهاه . ولكن هذا النسب يبقى موجوداً بالنسبة إلى العالم النيوتني ويؤدي به إلى لاهوت « تيولوجيا » « السكوليوم جنرال » (Scholium generale) . وتبدو عبارة مالبرنش (Malebranche) أكثر تحذراً حين نقول : « ان القوانين تبدو فعالة ، فهي تنصرف ، اما الاجسام فلا تنصرف » . فهي بهذا تعطي صيغة الرضعية العلمية ، وتقبل بشرعة الواقعية التجريبية . الميتافيزيكي عنده الاسباب ، والعالم عنده القوانين ، والقوانين فقط .

لا شك ، كما بين ذلك مايرسون (Mayerson) ان العالم ، في ظل « القانون » المالبرنشي ، يبحث دائماً عن « الجسم » النيوتني ، ويبقى ان « الظرفية » [« الفرضية »] كانت في القرن السابع عشر شكلاً من الفكر العلمي الشديد الجدة والشديد « الحداثة » .

فالظرفية ، اذا طبقت على مسألة علاقات الروح بالجسد ، فهي تعطي صيغة التوازي السيكلولوجي - الفيزيولوجي ؛ ان العلم يبدو وكأنه استخلاص (Synthèse) مجالات علمية مستقلة . كل مجال منها يتلام مع سلسلة من الاحداث ، انما يجب ان تتضافر كلها للالتقاء لان هذه السلاسل المتنوعة في الطبيعة « لا تشكل معاً الا كلاً مجملًا » : اما في الفيزياء ، فان الصراع بين القائلين بالآلية (mécanistes) والقائلين بالدينامية او القوتية ، سوف يبدأ في القرن التالي ، حول حلول اقترحها مالبرنش .

من جيلبرت الى نيوتن - ان الكلام باطلاق عن الزوحيه العلمية وعن المناهج العلمية في القرن 17 يعني تجاهل تنوعها المدهش وتقدمها المستمر . لقد بدأ القرن بالامل الباكوتي وكتاب جيلبرت « دي ماغنيت » (De magnete) الذي سوف يشير اليه باكون (Bacon) نفسه في بحث ما زال موسوماً بفيزياء الاشكال . وقد ألحت الحاجة من أجل التفهيم إلى خلق اطار توضع فيه ملاحظات كانت يومئذ ما تزال متناثرة ونادرة . فبين « المجموعة الفيزيائية » التي ظلت تحتفظ بالصفة الانرجالية الموسوعية

من القرن 16 ، وبين المختبر ، كما هو الحال بين « دي ماغنيت » و « المبادئ » (Principia) النيوتنية لسنة 1678 يقع البناء الغاليلي و « المسبق » (Apriori) الديكارتي . ويدون كل هذا ما كان شيء ليكون . لقد حاول ديكارت عملاً عظيماً ولكنه كان كثير التناؤل . وهنا أيضاً يبدو التطور مدهشاً بين الانكسار الضوئي (Dioptrique) سنة 1637 مع هذا النور الذي يشكل « عصا » اي خطأ هندسياً ، وفقاً للمثال « العالم صورة » وبين (Opticks) اويتيك [= بصريات] سنة 1704 ، حيث يتقدم العالم خطوة خطوة وهو يراقب ويجرب . ولكن المراقبة والتجريب ينتظمان بعد الآن - وأولاً في المبادئ - حول تعاريف ، اطرها الجامدة والواضحة تدل بان المطلوب الجديد ، هذه الافلاطونية الرياضية ، المصممة في فلورنسا او في الاقامات التجوالية في هولندا ، لن يتسنى ابداً . وقد وجد مثل هذا التطور ، انما بصورة اكثر سرية ، في مجال علم الاحياء (بيولوجيا) ، بين موسوعة الدروفاندي (Aldrovandi) ومعالجات جون ري (John Ray) . ان العلوم المحددة ، المشجعة والموجهة بفضل تقدم الفيزياء ، اخذت تتكلم لغة وضعية ، ان الطريق قد وجدت والباقي لم يعد الا مسألة وقت ونضج .

الكتاب الأول :

العلوم الرياضية والفيزيائية

الفصل الأول :

من الجبر الرمزي إلى الحساب اللامتناهي

De l'Algèbre symbolique au calcul infinitésimal

لا يمكن درس تقدم العلوم التجريدية في القرن السابع عشر دون أن نشير الى رابطها القوي بالعلوم الطبيعية .

والعلماء اصحاب الفكر التحليلي امثال فيات (Viète)، وفرومات (Fermat) أوديكارت قد اهتموا ، لا لاسباب مادية ، بل بحجة منهم ، أما لعلم الفلك - وبهذا بدأ فيات (Viète) - أو بحجة بالميكانيك أو بحجة باللاويثيكا أو علم البصريات .

ورجال من أمثال غاليله وكبلر (Kepler) قلما درسوا الرياضيات بذاتها الحالصة ، لعبوا مع ذلك في تطويرها دوراً من الدرجة الاولى . من ذلك ، ونعطي مثلاً وحيداً ، ان الاكتشافات الفلكية التي اكتشفها غاليله - اكتشافات 1610 بفضل استعمال الناظور - سوف تخلق نوعاً من الولع تجاه الدراسات البصرية - وخاصة انكسار الضوء - كما سوف تحمل على قراءة وعلى تأمل (Ad Vitellio nem Paralipomena) وهو كتاب دونه كبلر (Kepler) سنة 1604 ، او كتابه انكسار الضوء (Dioptrice) في سنة 1611 . وهذا أدى الى العودة الحصة الى دراسات قطع المخروط مما أثر بصورة عميقة في اعمال ديكارت وغيره .

وإذا نحن خصصنا فصلاً بالرياضيات المحضة ، فيجب ان لا نغيب عن ذهننا ما في هذا الاسلوب من تصنع ، والتذكير دائماً ان اي وسط علمي يشكل كلاً منتظماً ، يكون من الخطر تقسيمه عن طريق تحليل مختلف مظاهره .

I - تجديد العلوم الجبرية

علم المثلثات او التريغونومتريا - نحن نبدأ دراستنا بعلم المثلثات الذي له علاقات وثيقة بعلوم الطبيعة ، وبالاسترونوميا او علم الفلك وبالاويثيكا او علم البصريات ، وازدهار علم المثلثات تم في القرن السادس عشر المنتهى ، وفي النصف الاول من القرن السابع عشر - فقد قام فرانسوا فيات (Viète) (1540-1603) وهو رجل قانون وملاحق دعاوى ، بنشر قانون الرياضيات Canon .

Mathematicus سنة 1579 ، وقد دامت طباعته ثماني سنوات وفيه جدول بالعلاقات التريغومترية مستكمل بقسم نظري :

F. Vietaci universalium inspectionum ad Canonum Mathematicum liber . singularis

ويدل الترتيب الموفق للقاعدات ، وفقاً لجداول واضحة جداً ، على بواكير العلامات الجبرية المستقبلية لدى مؤلفه . ومن جهة أخرى ركز فيات على فوقية القسمة العشرية بالنسبة الى القسمة الستينية .

لا شك ان بناء الجداول قد ارتبط بضرب وبقسمة الاقواس الدائرية ، حيث وجد فيات (Viète) ، في مدى حياته موضوعاً مفضلاً عنده . لا شك ان الآخرين سبقوه في هذا الطريق . كما ان تلامذته كانوا متعددين ومنهم جوست برجى (Jost Burgi) (1552-1632) . واشهر تلامذته ربما كان ادريان فان رومن (Adriaan van Roomen) ر (1561-1615) الذي كان استاذاً شهيراً . وفي سنة (1593) طرح فان رومن (Van Roomen) على كل الرياضيين في العالم المسألة التالية :

« اذا كان الحد الاول من سلسلة هو بالنسبة الى الحد الثاني كنسبة : (1) 1 الى

$$45^{(48)} + 1^{(48)} - 45^{(46)} + 945^{(44)} + \dots - 7811375^{(8)} - 1138500^{(7)} - 95634^{(6)} - 3795^{(5)} - 1^{(4)}$$

وان الحد الثاني محدد ، اوجد الاول . » مثل : الحد المعطى هو :

$$R. \text{ bin. } 2 - R. \text{ bin. } 2 + R. \text{ bin. } 2 + R. 2.$$

$$\text{والحل } R. \text{ bin. } 2 - R. \text{ bin. } 2 - R. \text{ bin. } 2 + R. \text{ bin. } 2 + R. \text{ bin. } 2 + R. 3.$$

وبالتقديم العصري - استعمل فان رومن (Van Roomen) هنا ترقيمات ستيفن (Stevin) - المهم حل المعادلة : $a = 45^x - 945^x + \dots - 7811375^x - 1138500^x - 95634^x - 3795^x - 1^x$

$$\text{هنا } a = \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2}}}} \text{ و } x = \sqrt{2 - \sqrt{2 - \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{3}}}}}}$$

وقد وجد فيات (Viète) الحل العام [عندما تكون $a \leq 2$] : [Ut legi, ut solvi] والمعادلة المقترحة بشكل نسبة من قبل خصمه تترجم المسألة كما يلي : في دائرة شعاعها 1 ، اذا كان مستقيم القوس معيناً ، اعثر على المستقيم الواقع تحت جزئه الى 45 .

وكان للجواب الصاعق « لا مير الهواة » في عالم العلماء دوي ضخم .

والحالة التي يكون فيها الثابت a اعلى من 2 ، حلها فرمات (Fermat) في رسالة ارسلها الى كريستيان هويجن (Christiaan Huygens) ، بالمقارنة مع حالة المعادلة من الدرجة الثالثة . فقد بين

ان تقنية ارنهيلم المملة قد حسنت بملاحظات بارعة قام بها فيات (Viète) وسنيل (Snell) ،

وكان لهذه الملاحظات نتيجة في كتاب هويجنس (Huygens) الصغير : *de circuli magnitu* (1654).
dine inventa هذا الكتاب يسكر حقبة ارخيدس حول تربيع الدائرة ويفتح الحقبة الحديثة بالمعادلة
 غير المحدودة التي قال بها فيات (Viète).

وفي مجال الترينونومتريا الكروية وضع فيات (Viète) الصيغ المسماة : « مشاهبات نيبير »
 (Néper) واستعمل المثلث القطبي . وقد حسن ويل برور سنيل (Willebrord Snell)، اوسنيليوس
 (Snellius) (1581-1626)، الذي قاسم ديكارت اكتشاف قانون انكسار الضوء ، حسن استعمال
 المثلث القطبي .

ومن جهة أخرى حمل التراث البصري عند ويتلو (Witelo)، حل هاريوت (Harriot) وبريكرز
 (Briggs) والبير جيرار (Albert Girard) وكفاليري (Cavalieri) على دراسة مساحة المثلث الكروي،
 التي كان ويتلو (Witelo) قد اشار اليها كقياس للزاوية المجسمة . واذا كان الجميع - وقد سبقهم
 شارح مجهول للعالم في البصريات ، من القرن الثالث عشر ، ربما كان ريجيو مونتانيوس
 (Regiomontanus) - قد عرفوا نسبة المساحة ، الى التجاوز الكروي او تجاوز مجموع الزوايا ،
 لزاويتين قائمتين، فإن كافاليري (Cavalieri) هو الذي قدم تبياناً شبه كامل تقريباً .

الجبر الحروفي - حاول فيات وهو الضليع في جيومتريه الاقدمين وكذلك في جبر القرن 16 ،
 ان يعثر على اسلوب البحث والتحليل عند الجيومترين الاقدمين ، واعاد تكوين كتاب التماس
 لابولونيوس (Apollonius) في كتاب ابولونيوس غالوس (Apollonius Gallus) (1600) . وبذات
 العقلية اصدر سنيل (Snell) سنة 1608 أبولونيوس باتافوس (Apollonius Batavus) حول مقطع
 السطح والمقطع المحدد . ونشر م . غيتالدي دي راغوس (M. Ghetaldi du Raguse)، تلميذ فيات
 (Viète)، الضليع في تحليل الاقدمين ، من بين كتب اخرى ، سنة 1607 ، كتاب أبولونيوس
 رديفوس (Apollonius redivivus) تأليه (Divination) لكتاب الانحرافات .

وعمل الاكتشاف الحديث لاعمال ديوفانت (Diophante) في الجبر ، عمل الحافظ بالنسبة الى
 أفكار فيات (Viète)، فقد اثبت هذا الاخير التشابه الاسامي بين مجال الجبر العددي عند ديوفانت
 (Diophante) وكاردان (Cardan) تارتاليا (Tartaglia)، وبومبلي (Bombelli)، وستيفل
 (Stifel)، وبين مجال التحليل الجيومترى ، الذي يبقى ضمناً داخل الشروحات المستخلصة من
 اقليدس ، وارخيدس، وبصورة خاصة ، من ابولونيوس (Apollonius)، ومنها كتابات بابوس
 (Pappus) التي عثر عليها في هذه الاثناء (ط 1588) وكلها تعطي فكرة اكثر وضوحاً .

ولترجمة هذا التشابه ، اخترع «منطقه الرمزي المموه» أو فن الحساب على اساس الرموز او
 الانواع ، التي تمثل الابعاد سواء الجيومترية ام الحسابية .

وقد قسم التحليل الى ثلاثة اقسام اساسية . وكان «منهج التحليل الاستكشافي» [زيتنيك] أو
 فن البحث عن المسائل يقوم على اعتماد رمزية تتيج ، بأن واحد ، تسجيل الابعاد المجعولة والابعاد

المعلومة ، وشرح الروابط التي تجمعها ، ثم استخلاص المعادلة التي ، بشكل تجريدي ، تلخص المسألة المطروحة ، وبدأ عندها التحليل الواعي (Poristique) الذي يدرس ، ويعمل ويناقش هذه المعادلة . وقد حلّ أخيراً ، التأويل - أو التحليل التفسيري (Réthique) ، بعد العودة الى المسألة المحددة ، المعادلة ، اما بواسطة بناءات اذا كان الامر يتعلق بجيومترية ، او بحسابات عددية اذا كان الامر يتعلق بالحساب .

وتعترف في هذه المبادئ على المناهج الخاصة بالرياضيات الحديثة التي أسسها فيات (Viète) ، بعد جهد ، ربما كان شاقاً ومغلقاً ، بالنسبة الى غالبية معاصريه ، الا انه جهد سوف يولد تياراً في النصف الاول من القرن 17.

وقد دون كل المقادير التي تدخل في اية مسألة بواسطة احرف تاجية لاتينية ، اما احرف المد فتدل على المجهولات والصوتية تدل على المعطيات . وكان حجم كل مقدار مبيّناً بصورة منهجية .

مثلاً ان المعادلة التي نكتبها بهذا الشكل : $x^3 - 3bx^2 + (3b^2 + d)x = c + db + b^3$ كتبها فيات كما يلي :

$$\left. \begin{array}{l} \text{K cubus} \\ - B \text{ in } E \text{ quadr. ter.} \\ + B \text{ quadrato ter} \\ + D \text{ plano} \end{array} \right\} \text{in } E \left\{ \begin{array}{l} \text{arquinatur} \\ + D \text{ plano in } B \\ + B \text{ Cubo} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} Z \text{ solido} \\ + D \text{ plano in } B \\ + B \text{ Cubo} \end{array} \right.$$

من بين كتاباته ، التي اثرت تأثيراً كبيراً هناك : كتاب Zeteticorum libri quinque (1593) ، ترجمة فرنسية 1630) ، حيث استعيدت مسائل ديوفانت (Diophante) في تدوينات المنطق الرياضي الرمزي التسموي ، وكتاب (De Numerosa potestatum purarum atque adfectarum... 1600. وفيه ظهرت أول طريقة منهجية لحل المعادلات عددية . وكتاب (De ac. quationum Recognitione. 1615) وهو كتاب اسامي بالنسبة الى نظرية المعادلات الجبرية ، وأخيراً كتاب : In Artem Analyticam... (1591) ومنه ترجمتان فرنسيتان سنة 1630) ، كتاب صغير حيث مجمل تحليل فيات (Viète) مخلود ومعرض .

وعندما اخرج فان شوتن Van schooten ، سنة 1646 ، الطبعة الوحيدة الكاملة تقريباً ، لمؤلفاته ، كان تأثير الرياضي الكبير قد اعطى منذ زمن طويل ، جوهر ثماره ، ولم تعد له الا قائمة تاريخية فقط .

ويقاس هذا التأثير بصورة افضل عند مقارنة النتائج الحاصلة حول ذات المواضيع . من قبل تلامذة فيات (Viète) : فرمات (Fermat) وروبرفال (Roberval) ومن قبل كافاليري (Cavalieri) وتوريشيلي (Torricelli) اللذين لم يألوا متاهج فيات . ويفضل ذات المهارة الجيومترية وذات المعارف

العامّة ، سبق هذان الاخيران الى حد بعيد غالباً من قبل الفرنسيين او حتى من قبل بوغران (Beaugrand) ، وهو تلميذ آخر لفيات (Viète) .

نظرية المعادلات الجبرية - ان اعمال الجبريين ، من القرن السادس عشر - وخاصة اعمال المدرسة الايطالية - المطلاعين بشكل فريد على تقنية فيات (Viète) ، هذه الاعمال الملخصة والمكتشفة في كتاباته ، وبخاصة في كتاباته المنشورة بعد موته ، والتي نشرها اندرسون (Anderson) في باريس سنة 1615 ، قد اتاحت في القرن 17 ازدهار نظرية في المعادلات الجبرية ذات اهمية حاسمة .

من الصعب هنا توضيح ما قدمه كل منهم . في سنة 1608 اكد بيتر روث (Peter Rothe) على وجود (n) جذور في كل معادلة درجتها (n) . وسط هاريوت (Harriot) (1560 - 1621) في كتابه الذي نشر بعد موته سنة 1631 ، ترقيم فيات (Viète) . بعد تحقيقه من اعتبارات التناسق ، وبعد استبدال الحروف التاجية اللاتينية بأحرف صغيرة . وهكذا ابرز العلاقات بين المعاملات وبين الجذور .

وفي سنة 1629 ، جعل البير جيرار (Albert Girard) (1595 - 1632) من هذه العلاقات اساس النظرية . ولاعطاء هذه العلاقات كل عموميتهما ، قبل الحلول السلبية ، وحتى الحلول الخيالية ، في معنى اكثر غموضاً ولكنه اكثر اتساعاً من المعنى الذي التزم به بومبيلي (Bombelli) سنة 1572 . فوضع نفس المبدأ الذي وضعه الاب روث (P.Rothe) .

وعندما نشر ديكرات سنة 1637 كتابه « جيومتريا » كملحق لـ « خطاب حول النبح » ، عرض في الكتاب الثالث نظرية المعادلات الجبرية ، كما يفهمها . الا ان افكاره ، المشابهة جداً لافكار هاريوت (Harriot) او افكار جيرار (Girard) بدلت مستقلة عنها ، اما كتابه فيلخص اعمالاً مستقلة شخصية ، تعود احياناً الى سنة 1620 .

وهكذا تمحدد الترقيم . وهو الترقيم الذي نتبعه نحن : حروف صغيرة ، والاحرف الاخيرة من الالفباء مخصصة للمجهولات ، ترقيم استثنائي مأخوذ عن ستيفن (Stevin) وبومبيلي (Bombelli) وشوكيه (Chuquet) ، انما مدموجة مع الترقيم الحروفي : x^3 ، a^3 ، ثم اعتماد اشارة تساوي : $x = 3$ ، الخ .

اما المبادئ الاساسية فمعروضة كما يلي :

1- « ... في كل معادلة ، وبمقدار ما تكون الكمية المجهولة ذات ابعاد ؛ بمقدار ما يمكن ان يكون فيها جذور متنوعة ... اذ ، مثلاً ، اذا افترضنا $x = 2$ أو $(x - 2)$ لا يساوي شيئاً ، وبعد ذلك $(x - 3 = 0)$ ، وبضرب هاتين المعادلتين : $(x - 2 = 0)$ و $(x - 3 = 0)$ ، الواحدة بالآخرى نحصل على :

$$(x^2 - 5x + 6 = 0) \text{ أو } (x^2 = 5x - 6..)$$

ولكن في أغلب الأحيان ، يحدث ان بعضاً من هذه الجذور يكون خاطئاً أو أقل من لا شيء ، كما لو افترضنا أن x يدل ايضاً على عدم وجود كمية مثل 5 مثلاً ، فيكون : $(x + 5 = 0)$.

2- ... نرى بالتأكيد من هذا أن مجموع معادلة تتضمن عدة جذور ، يمكن أن يقسم على ذي حدّين Biforme مؤلف من الكمية المجهولة ناقص قيمة واحد من الجذور الحقة ، الذي قد يساوي أو يزيد عن قيمة جذر من الجذور الغلط أو الخاطئة ؛ وهذه الوسيلة يتم انقاص احجام هذا المجموع

3- « ونعرف من هذا ايضاً ، كم يمكن أن يوجد من جذور حقة ومن جذور خاطئة في كل معادلة : فالخطة تكون بمقدار ما هناك من علامات + و - في المعادلة تتغير كل مرة ، اما الجذور الخاطئة فتعادل المرات التي تتابع فيها علامتان + مع علامتين ناقص » .

4- « ... من السهل ان نجعل ، في نفس المعادلة ، كل الجذور التي كانت خاطئة تتحول الى صحيحة ، وبذات الاسلوب كيف تتحول الصحيحة الى خاطئة ، وذلك بتغيير كل الاشارات + أو - الموجودة في الموقع الثاني او الرابع او السادس او غيرها من المواقع التي تعرف بالعدد المزدوج وانه وبدون ان نعرف قيمة جذور معادلة ما ، اذا اردنا زيادة هذه المعادلة او انقاصها بأية كمية معروفة ، يكفي فيها افتراض حد آخر مجهول ، اكبر أو اصغر من هذه الكمية ثم احلال هذا الحد الجديد محل الاول وفي كل موضع » .

5- « ولكن ، ومن خلال هذا الاسلوب في تغيير الجذور دون معرفتها تمكن معرفة شيئين يكون هما فيما بعد بعض المنفعة . الشيء الاول انه بالإمكان طرح الحد الثاني من المعادلة المدروسة »

6- « ... والشيء الثاني . . . هو بالإمكان دائماً ، عن طريق زيادة قيمة الجذور الحقة لكمية هي اكبر من اية كمية لا ي جذر من الجذور الخاطئة ، جعلها لتصبح كلها صحيحة ، بحيث لا يكون هناك على الاطلاق علامتا + أو علامتا - متلاحقتان ، وعدا عن ذلك ان تكون الكمية المعروفة في الحد الثالث اكبر من مربع نصف كمية الثاني »

7- « فضلاً عن ذلك ، من الممكن ، بدون معرفة قيمة الجذور الحقة في المعادلة ، ضربها أو قسمتها كلها بأو على مطلق كمية معروفة . . . الامر الذي يساعد على تحويل الكسور ، أو غالباً ايضاً ، الاعداد الصماء الموجودة في بنود المعادلات الى اعداد كاملة وجذرية .

8- « ثم ، طالما ان الجذور الحقة وكذلك الجذور الكاذبة ليست دائماً واقعية ، بل خيالية في بعض الأحيان ، فإنه بالإمكان دائماً تخيل ما نشاء منها في كل معادلة ، على أن لا تكون هناك ، احياناً ، اية كمية تتوافق مع الكميات التي نتخيل ؛ كما يمكن ايضاً ان نتخيل ثلاثة منها في هذه المعادلة : $(0 = 10 - 13x + 6x^2 - x^3)$. وعلى كل لا يوجد فيها الا واحدة واقعية هي (2) ، اما الاثنان الباقيتان ، فمهما زدناهما أو نقصناهما أو ضربناهما وفقاً للاسلوب الذي فسرناه ، فليس بالإمكان تحويلها عن أن تبقىا خياليتين » .

9- يشير ديكارت أخيراً كيف يمكن العثور على الجذور القياسية (Racines rationnelles) في معادلة ذات معاملات قياسية .

تعني تمة الكتاب الثالث بناء الجذور عن طريق تقاطع خطين. منحنيين ، كما تعني بقاعدة ديكارت من أجل حل معادلة من الدرجة الرابعة ، وذلك بعد مساواة طرفيها الأول بحاصل ضرب ثلاثي الحدود (Trinomies) من الدرجة الثانية .

في هذه الخلاصة المدهشة عن حالة نظرية المعادلات في سنة 1637 ، خلاصة حيث لا يوجد أي دليل واضح ، ولكنها مزودة بالعديد من الأمثلة ، التي ، والحق يقال ليست عطاء أصيلاً من المؤلف . النقطة التي رقمناها 1 موجودة في اليرجيرار (Albert Girard) ، و2 معروفة عن كاردان (Cardan) وعن كل الجبرين اللاحقين 4 و5 و6 و7 قد وسعها فيات (Viète) ، و9 واردة عند جاك بلتيه (Jac-ques Peletier) ، وحدها « قاعدة ديكارت » 3 ، قد سبق إليها بصورة غامضة كاردان (Cardan) وهي ابتكار شخصي من الفيلسوف . ولكن الشاغل حيث دخلت جذور وهمية ، وهي فكرة أوحى بها جيرار يدلنا كم كانت غامضة أفكار ذلك العصر حول النقاط المهمة .

إن المبادئ التي عرضها ديكارت سوف يتم شرحها فيما بعد ، خاصة من قبل تلامذته الهولنديين من مدرسة شوتن (Schooten) : ومن قبل نيوتن (Newton) الذي وضع القوانين المتواترة التي تعطي مجاميع مثقلات (Pussances) الجذور ، والتي سبق ذكرها بالنسبة إلى المثقلات الأربع الأولى ، عند اليرجيرار (Albert Girard) .

أما فيما يخص الحل الفعلي للمعادلات ، فقد رأينا أن فيات ، ضمنها داخل التحليل التفسيري المقسوم هو أيضاً إلى عددي وجيوميتري . وديكارت ، كمنظر خالص ، وهاو للمطلق ، لم يتم بالقسم الأول من هذا التحليل . وقدم فيات سنة 1600 أسلوب حل عددي مقارب . وقد استكمل هذا الأسلوب من قبل تلميذه الانكليزيين هاريوت وأوترد (Harriot et Oughtred) (1574-1660) ثم ساعد على ولادة أسلوب التقريب عند نيوتن ، أسلوب ما يزال يستخدم حتى أيامنا .

إنشاء الجيوميتريا التحليلية - لاقى تطبيق تحليل فيات على الجيوميتريا نجاحاً باهراً في خلق الجيوميتريا التحليلية (والتعبير يعود بتاريخه إلى بداية القرن التاسع عشر) من قبل ديكارت وفرمات ، حوالي نفس الحقبة ، وبصورة مستقلة ، بين الاثنين .

واستعمل الرياضيان ، بالنسبة ، المنطق الرمزي المصنوع لتحليل المراكز الجيوميتريّة (نقاط التلاقي) وبخاصة في المخروطات ، كما بدأ (هذا المنطق) عند أبولونيس (Apollonius) ، وبابوس (Pappus) . ومع ذلك يوجد بينهم فروقات ملحوظة ، في ترجمة التقنيات القديمة إلى لغة جديدة . ويبدو فرمات هنا ، كما في كل أعماله ، أميناً لترقيعات ولتعبيرات فيات . أما ديكارت فقد كَوّن لنفسه لغته وترقيعاته ، بمعزل عن التراث المباشر للجبري العظيم . وإذا كان قد تأثر به في هذا المجال ،

فبشكل مبهم ، ويفضل الوسط العلمي العام . وقد ظل اقرب الى الجبر العددي مستعملاً تعابيرها ذاهباً بالمحاكاة بين المجالين الى حد التماهي اللغوي .

ولد فرمات في « بومون دي لومان » (Beaumont-de-Lomagne) سنة 1601 ، وعمل محامياً ، ثم بعد 1631 قاضياً في تولوز ومات في كاستر في 12 كانون الثاني 1665 . وكان هائلاً في حياته التي ربما بقيت مغمورة لولا عبقرية الرياضية : وككل سابقيه المباشرين ، تتلمذ على الاسكندرانيين العظام وحاول من جانبه ان يعيد تكوين الامكنة المسطحة (Lieux plans) التي وضعها ابولونيوس (Appollonius) .

واعاد هذا التكوين ، حوالي 1629 ، وعمره 28 سنة ، وفقاً لطراز قديم خالص . ولكنه في قطعه ، القصيرة جداً مثل كل محاولاته ، وهي (Ad locos planos et solidos isagoge) ، والتي يعود تاريخها الى سنة 1636 ، بأقصى حد ، اعتمد طرازاً حديثاً هو ، مع ترفيمات فيات ، الطراز المعتمد في الهندسة التحليلية الحديثة ، والتي صاغها بنفسه .

« لو كان هذا الاكتشاف قد سبق إعادة التكوين القديمة التي اعتمدها في الكتابين « المراكز المسطحة » فان بناء القواعد المكانية المركزية كان بدا أكثر اتقاناً . الا اننا لا نأسف لهذا الانتاج ، وان بدا سابقاً لوانه وغير ناضج بصورة كافية ، اذ هناك مصلحة للعلم بأن لا يأخذ من الخلف الاعمال التي ما تزال غير ناضجة فكرياً ؛ ان العمل البسيط في بدايته والفج يتقوى ويكسر بالاختراعات الجديدة . بل ومن المهم من اجل الدراسة ، ان نقدر على التأمل براحه ، في التقدم الفكري الخفي ، وفي تطور الفن بصورة عفوية » .

أما تلميذه ديكاروت فقد لجأ الى وسائله الخاصة بفعل سلسلة من الاغراءات الخارجية ويفضل جهد شخصي زابحم وتأملي . من جهة حمله ميله المبكر (1619) الى الميكانيكيات على ابتكار بعضها ، « بركاته » التي اتاحت له رسم المنحنيات (التي سماها فيما بعد جيومتريات) . ومنذ تلك الحقبة ، كان يحلم ان يمد الى مناطق اوسع مجال الجيومترية ، المقصور حتى ذلك الحين ، عند فيات ، على البناءات فقط بواسطة المسطرة والبركار (ان المسائل التجسيمية تحتم بناءات « شبه هندسية ») . ومن جهة اخرى ، حمله ولعه بالبصريات (اوبتيكا) على الاهتمام بدراسة مقاطع المخروطات ، واتاح له ، حوالي (1625) ان يكتشف قوانين دقيقة حول انكسار الضوء . في هذا المجال بدا تأثير كيبلر (Kepler) حاسماً . ولكن الى جانب ذلك ، حمله درس بايوس (Pappus) ، اما المباشر ، واما عبر كتب كلافيوس (Clavius) ، الى البحث عن حل جيومتري للمعادلات ذات الدرجات الاعلى من الدرجة الثانية . اننا هنا نضم مجال عزيز على قلب فيات ، هو مجال التحليل التفسيري الجيومتري ، او المجال الذي سوف يسمى « تحقيق المعادلات » . كل واحد جرب مقدرة في هذا ، وفي سنة 1636 أو 1637 نجح فرمات في ملحقه التابع للمذكرة المشار اليها اعلاه نجاحاً باهراً . ولكن باستثناء فرمات وروبرفال (1602-1675) Roberval الذي انتظم مع فيات عن قرب ، أكثر من تلميذه ، والذي استعمل بالمناسبة

كونشويد (La Conchoide) نيكوميدي (Nicomede) اتبعت غالبية الرياضيين بحماس ، متاهات الاقدمين . وقدم ديكارت ، سنة 1629 الى اقصى حد ، حله الجميل للمعادلات ذات الدرجات ثلاثة واربعة ، بالتوصيل بين بارابول ودائره ، ضمن طراز هو طراز هندستنا التحليلية .

نشير هنا ان هذا المجال ، مجال تحقيق المعادلات ، امتد حتى نيوتن ضمناً ، وقد برز فيه بسلوز Sluze (1622 - 1685) بشكل خاص . ولكن نيوتن ابرز محدوديته و اشار الى ان دقته ، غير الكافية بشكل بارز ، لا تساعد على اللجوء اليه الا من اجل دراسة تمهيدية ، من اجل فصل جذور المعادلة . اما البحث عن نتائج اكثر دقة فيدخل في مجال الحساب العددي .

حوالي 1632 طرح غوليوس Golius على ديكارت مسألة . بيايوس (Pappus) المشهورة بعد ذلك ، والمعروفة تحت اسماء مكان [مركز] الثلاثة والاربعة والخمسة مستقيجات . وحلها ديكارت خلال ثلاثة اسابيع ، مجرباً فيها تفوق تقنيته ، وواجداً فيها تعريفاً دقيقاً لمنحنياته الهندسية (الجيومترية) . انها المنحنيات التي يرتبط فيها الإحداثيان (Coordonnées) x و y بواسطة معادلة جبرية $P(x, y) = 0$. لاحظ ديكارت انه بالامكان بناء كل نقطة من هذه المنحنيات ؛ مهما كانت سينيته ' ، بسلسلة متتهمة من حل المعادلات الجبرية ذات الدرجة التي يتزايد ارتفاعها . ومثل هذا البناء يكون على العموم مستحيلاً بالنسبة الى المنحنيات التي يسميها ميكانيكية ، والتي سماها ليبنيز متعالية او صاعدة (Transcendantes) والتي لا تتعلق بالتالي بتقنيات الجيومتريا التحليلية .

وبعد ذلك اصبح اطار كتاب (1637) عمداً . وعلينا مع ذلك ان نعود الى اقسام اخرى من هذا الكتاب ، الاسامي بالنسبة الى الرياضيات الحديثة .

II - تقدم متنوع

التحليل الديوفانتية - سبق ان اشرنا الى التأثير الضخم الذي احدثه ديوفانت Diophante على الجبريين من بومبلي Bombilli الى فيات Viète . « فتمهيج هذا الاخير التحليلية الاستكشافية » (Zététiques) مع رمزيته الخاصة ، تسير في خط تحليل ديوفانت . في سنة 1621 قدم باشت دي ميزيرياك Bachet de Méziriac اول طبعة اغريقية - لاتينية عن « آريتميتك » ، الحساب ، مع تفسير وافي . ولكن هذا التحليل الذي سبق أن ذكرنا مبادئه (المجلد I ، القسم الثاني ، الكتاب 2 ، الفصل 2) قد شاع ، أما من خلال الطبعة اللاتينية ، طبعة كزيلاندر (1575) Xylander ، واما من حواشي عليه ، بالإيطالية من صنع بومبلي Bombelli في كتابه « الجبرا » - 1572 ، أو بالفرنسية لستيف Stevin وجيرار Girard ، أو باللاتينية لكلافيوس Clavius في الجبرا لسنة 1608 .

وشيع هذا النوع من التمارين ، المجانية الخالصة ، سوف يستمر طيلة القرن . والمعلم الاول بهذا الموضوع هو فرمات Fermat . وملاحظاته حول ديوفانت ، المدونة في هوامش نسخته من طبعة

باشت Bachet انقذت من النسيان بفضل ابنه صموئيل Samuel في اعادة طبع هذا الكتاب (1670). وبذات الوقت اصدر الاب دي بيلي P. de Billy ملخصاً لتقنياته . وإذا كان التحليل الديوفانتي هو مجال مهمل في ايامنا ، فقد اتاح للجبريين في القرن 17 ان يمارسوا براعاتهم ، وان يشحذوا اساليبهم ، وتأثيره على الحساب اللامتناهي الصغر، حساب الاخوين برنولي Bernoulli . ليس مما يهمل .

فيرمات ونظرية الاعداد - ولكن افكار فيرمات حول التقنيات الديوفانتيته حملته ، فيما بين السنوات 1626 و1643 ، ومع بحوث ومع بعض الاختراعات التي تراكمت حتى سنة 1658 ، على ابتكار نظرية الاعداد . اما الاختراعات الرئيسية التي ابرزت اسمه في هذا المجال فهي :

- 1 - أسلوب الهبوط اللامتناهي ، وهي تقنية حسابية بصورة خاصة ، هبوط المثقلة Puissance المحدودة ، أسلوب قَدِّم له ولخلفائه من بعده خدمات مهمة جداً .
- 2 - القاعدة الصغيرة ، قاعدة فرمات : إذا كان p عدداً أولياً ف : $a^p \equiv a \pmod{p}$ أي أن باقي قسمة a^p على p يساوي باقي قسمة a على p .
- 3 - اقتراحات مثل :

كل عدد صحيح كامل هو مجموع اربعة مربعات ، على الاكثر ، او ثلاثة ثلاثيات (Triangulaires) او خمسة خماسيات الخ وكل عدد من شكل $(4n + 1)$ هو مجموع مربعين ، ولا يكون ابداً العدد من شكل $(3n - 1)$ من شكل $(a^2 + 3b^2)$. واي مثلث قائم ذي اعداد صحيحة لا تكون مساحته مربعة .

4 - قاعدة فرمات الكبرى : المعادلة $(x^n + y^n = z^n)$ (صحيح اعلى من 2) تكون مستحيلة بالاعداد الجذرية (القياسية) .

5 - معادلة بيل - فرمات : المعادلة Pell-Fermat $(Nx^2 + 1 = y^2)$ هي دائماً ممكنة بالاعداد الصحيحة . ولا يوجد ، تقريباً ، اي اثبات من اثباتات فرمات . وفيها خص الكثير من مقترحاته فربما لم يكن لديه اي اثبات حق . ذلك هو حال قاعدته الكبرى التي ظهرت وكأنها احدى اكبر الخفايا في مجال الرياضيات .

وإذا كان التحليل الديوفانتي ، الذي لا يتطلب الا المهارة ، متبعاً من قبل المعاصرين ومن قبل الخلفاء المباشرين لفرمات ، فان نظرية الاعداد التي تتطلب العبقرية لم تجد رياضيين مؤهلين وجديرين بها الا مع أولر Euler ، ولاغرانج Lagrange رغم ان بعض النتائج الثمرة قد عثر عليها في هذه الاثناء ، وكذلك عثر على بعض المسائل الجديدة المطروحة .

ديزارغ والجيومترية الاسقاطية - فيها كان فرمات يشق طريقاً جديدة جداً ، قام ديزارغ Desargues (1591-1661) ، وهو رياضي اصيل جداً ، يشق طرقاً خاصة في مجال آخر ، هو مجال الجيومترية المخالصة .

وخضعت القطوع المخروطية لدراسات عديدة من قبل علماء امثال غريغوار دي سان فانسان Grégoire de saint u Vincent ، وكافاليري Cavalieri ، وميدورج Mydorge (1585 u 1647) الذين اغنوا ، عن طريق مناهج ابولونيوس ، نظرية النتائج المهمة وان كانت مجزأة .

وقدم ديزارغ Desargues اكثر بكثير . فقد كان مولعاً بالرياضيات المطبقة على الهندسة المعمارية ، وبالرسم ، وبالساعات الشمسية ، فضلاً عن تضلعه بالجيومترية القديمة ، وابتكر تقنية جيومترية جديدة ، هي الجيومترية الاسقاطية . وكتب شروحاته Opuscules واهمها : « مسودة مشروح للاحداث الناتجة عن تلاقي غرور بسطح » (1639) بلغة فرنسية منهجية ، بدون كلمات تقنية كلاسيكية مترجمة عن اليونانية او اللاتينية . ان هذه المحاولة التجديدية في اللغة ، باتجاه التحديث اضرت بنشر افكاره . فلم يتلمذ عليه الا القليل : الحفار بوس Bosse الذي وسع وشرح التطبيقات التقنية لافكار معلمه ، ثم بليز باسكال Blaise Pascal وفيليب لاهير Philippe de la Hire . والنص الكامل لمسودة المشروع الذي بقي ضائعاً لمدة طويلة لم يطبع قبل 1951 .

واعلن باسكال Pascal صراحة انه تلميذ ديزارغ Desargues . وعثر على القاعدة التي تحمل اسمه حول الثمنيات Hexagones المحبوسة ضمن غرور واستمد منها نظرية كاملة حول المنحنيات . ولم يبق لنا من اعماله الا عنوان قصير من سنة 1640 : « تجربة حول المخروطات » . وكان فيليب دو لاهير Philippe de la Hire (1640-1718) . عالماً رسمياً في بلاط لويس الرابع عشر . وكان غزير الانتاج ، الا انه كان اقل تميزاً ، وكان واحداً من اوائل الاعضاء في اكاديمية العلوم . وكان أبوه الرسام لوران دو لاهير Laurent de la Hire صديقاً شخصياً لديزارغ Desargues .

ويستحيل علينا التوسع في مناهج ديزارغ Desargues ونتائجها . نكتفي بالاشارة فقط الى فكرة النقطة الى اللانهاية فوق خط مستقيم ، والى المماهة الناتجة بين ضمة من المستقيمت المتوازية وضمة من المستقيمت المتلاقية ، وكذلك مماهة المخروط والاسطوانة ، والى نظرية التشابك فوق خط مستقيم . وقاعدة ديزارغ « الناتجة عنه ، بالنسبة الى ضمة منتظمة من المخروطات . ونشير اخيراً الى نظريته حول المثلثات المتماثلة ، أو القابلة للتماثل .

ووقف تطوير الجيومترية التحليلية ، الذي ساهم لاهير La Hire بنفسه فيه ، وتطوير الاساليب اللانهاية الصغر ، عائقاً في وجه توسع وغو تقنيات ديزارغ Desargues . أما الجيومترية الاسقاطية فقد انتظرت لتلاميذ دي مونج Monge لتزدهر وتأخذ كل معانيها .

نير Néper واللوغاريتم . بعد العودة الى الورا نشر الى اكتشاف ضخيم في القرن السابع عشر في بدايته ، يُعزى الى الاعمال المتعلقة بعلم المثلثات النجومى ، ولكن هذا الاكتشاف كان له انعكاسات مدوية على الرياضيات البحتة ، وعلى الاقسام الاخرى من العلوم . وهذا الاكتشاف هو اللوغاريتم . فقد عاد جون نابير أو نير John Napier of Merchiston ou Néper (1550-1617) وهو بارون اسكتلندي ، في محاولة لتبسيط حسابات علم المثلثات ، عاد الى فكرة قديمة

حول مقارنة التصاعديت الحسابية والهندسية. وقد عرف كيف يعرضها بشكل عام، وترجمها بحسابات واقعية. وبهذا المعنى كتب يقول: «ان لوغاريثم كل جيب زاوية هو عدد يعبر بصورة تقريبية كبرى عن الخط الذي يتزايد أيضاً خلال ازمة متساوية. في حين ان خط الجيب الشامل يتراجع نسبياً ضمن هذا السينوس او الجيب. والحركتان تمان بذات الوقت، وتنتقلان في البداية بذات السرعة» (ميريفيسي لوغاريثمو كانوني... Mirifici logarithmorum canonis. 1614).

يستدعي هذا التعريف عدة ملاحظات. نشر أولاً ان اللوغاريثم هي «عدد الكلمة» أو «عدد النسبة» أو «عدد السبب».

من المعلوم أنه منذ اليونانيين القدماء حتى القرن الثامن عشر كانت التعابير المستعملة في نظرية النسب لوغاريثمية شبيهة بالتي نستعملها. فإذا كان مثلاً (r) هو خارج قسمة A على B و(r) هو خارج قسمة B على C، لا نقول أنّ خارج قسمة A على C هو حاصل ضرب الخارجين الآخرين، بل مجموعهما. وهكذا نستنتج من المعادلات ($a/1 = a^2/a = a^3/a^2 = a^4/a^3$) أنّ خارج القسمة ($a^2/1$) ($a^3/1$) هي على التوالي ضعفاً، ثلاثة وأربعة أضعاف خارج القسمة الأساسي $a/1$. وكانت التعابير من هذا النوع لم تزَل تُصادف بكثرة في القرن السابع عشر، في «مبادئ» نيوتن مثلاً. واعتمد ديزاغ، وغيره، في بياناته الجيومترية رمزية وتعابير يضيف إليها وي طرح منها المثقلات (raisons)، وهي تُعتبر غير مفهومة بالنسبة إلينا إلا إذا أخذنا بعين الاعتبار ما سبق.

وأذا فاللوغاريثم يقاس المثقلات وتكون العدد الذي يضاف او يطرح او يضاعف عندما يضاف المثقل او يطرح ويضاعف.

ومن جهة اخرى يتعلق تعريف Neper بالجيب Sinus لان واضح نظرية اللوغاريثم يتابع بصورة اساسية غاية عملية: هي تسهيل حسابات المثلاث، او بصورة ادق الحسابات النجومية. وبالتالي اذا كانت اللوغاريثم هي عدد بالمعنى الصحيح، عدد صحيح او كسرى، فذلك ان الحسابات لا يمكن ان تناول الا الأرقام والاعداد. ولكن اللوغاريثم هي في الواقع القياس الاكثر قرباً، ما أمكن من مقدار مستمر يمثل هنا بخط.

وهذا الخط هو بالمعنى الصحيح متعلق بالجيب Sinus، وكلمة تعلق Fonction ادخلت فيما بعد من قبل ليبنز Leibniz ولكنها تبلى هنا مغالطة. هذه العلاقة ادخلت عن قصد بموجب معادلة تفاضلية، ولأول مرة في تاريخ الرياضيات. اذا سمينا R شعاع الدائرة او جيب عام، وX الجيب المدروس وY لوغاريثمه بالمعنى الذي قصده Neper فيكون: $Y = 0$ عندما يكون $x = R$ ، $(dy = -(R/x) dx)$.

وهذا يعطينا مباشرة العلاقة بين لوغاريثمات Neper الأولى، ولوغاريثمات Neper الحالية (وهذه التسمية الأخيرة ادخلها لacroix): $y = R \log(R/x)$.

وإذا كان بالامكان معارضة أسبقية Neper، فيما يتعلق بفكرة اللوغاريثمات بالذات، فمن المؤكد أن هذا

المعنى العميق للاستمرارية، التي تتطلب معرفة كبرى بالرياضيات القديمة، وهذه الفكرة المبدعة، فكرة ادخال الاستمرارية بواسطة الحركة وادخال هذا التعريف التفاضلي للوغاريتم، يعود الفضل فيها اليه بدون نزاع، الامر الذي يجعل منه احد الرياضيين الاكثر عمقا في اواخر القرن 16 وبداية القرن 17.

ويؤدي التعريف التفاضلي الى قانون اساسي بموجبه يكون للجيوب Sinus. ذات التعاقب الهندسي المتنازل انطلاقاً من الجيب العام R، لوغاريتمات ذات تصاعد حسابي متزايد انطلاقاً من صفر. فضلاً عن ذلك ان لوغاريتم AB/R هو مجموع لوغاريتمات A وB. فضلاً عن ذلك يبدو ان نيبير Néper، وقد سبق زمنه، لم يكن يخشى استعمال لوغاريتمات سلبية في زمن كانت فيه غالبية الرياضيين لا تريد استعمال الارقام السلبية. ونضيف ايضاً انه في الحقبة التي أسس فيها نيبير نظرية اللوغاريتمات، كان غالبية، وعموم تحليل بدائي جداً، ولكن قريب، وربما مستوحى من اكتشاف الاسكتلندي، قدر فض. فرضية قانون سقوط الاجسام وفيها تكون السرعة متناسبة مع علو السقطة، مبنياً ان السقطة، ضمن هذه الفرضية تكون آتية وفجائية. وقد قام فرمات Fermat سنة 1642، وحساب غاسندي Gassendi، بوضع شكل هذا التحليل.

وأدت نظرية نيبير Néper بوضعها، الى بناء جداول، وهو هدف واضح استمر به. وتوصل الى ذلك بعد وضع عدة تصاعديت هندسية ذات مثقلات (Raison) بسيطة جداً مثل $(10^{-7} - 1)$ وذلك بعد استعمال استكمالات ذكية؛ وفي جداوله $R = 10^7$

كانت هذه اللوغاريتمات الأولى تظهر بعض المصاعب في الحسابات العملية. وتولى بريغز، بناء على مشورة نيبير Néper بالذات حسابها من جديد، انطلاقاً من ان لوغاريتم الوحدة هو صفر، ولوغاريتم العشرة 1. وهكذا صار بحساب لوغاريتماتنا العادية، وبالنسبة الى الارقام الـ 31 الف الأولى الصحيحة حتى الجزء العشري الرابع عشر.

وعرفت جداول اللوغاريتمات التي كانت بالنسبة الى المحاسبين، وخاصة علماء الفلك تمثل حاجة ملحة، نجاحاً مباشراً وضحاً. فمنذ 1614، وهو تاريخ نشر كتاب «معرفة قوانين اللوغاريتم...» 1631، خرجت من المطابع كتب تزيد على العشرين. ومن بين هذه الجداول يوجد كتاب تقيض اللوغاريتم لبروجي Bürgi الذي طبع في براغ سنة 1620. ولكن صاحبه كان قد حسبه بين 1603 و1611، اي بمجمل اعمال نيبير.

ونجد بين المؤلفين الآخرين جون سبيدل John Speidell، وكبلر Kepler، وبريغز Briggs، وادمون غانتر Edmund Gunter مخترع قاعدة الحساب، وفلاك Vlacq ودينيس هانريون Denis Henrion الذي وان لم يكتب كتاباً أصيلاً، الا انه نشر سنة 1626 اول كتاب فرنسي حول هذا الموضوع.

التحليل التوافقي والاحتمالات - يجب ان نضيف الى هذه المقدمات الجديدة في عصرها

التحليل التوافيقي، والذي ظهر باكراً عند الكثير من المؤلفين . إلا ان فرمات تميز فيه عن غيره ، مرة أخرى ، وذلك بتقديده ، سنة 1636 معادلة الأعداد المجازية ، وهي المعادلة التي نكتبها اليوم على الشكل التالي :

$$C_p^n = \frac{n(n-1)\dots(n-p+1)}{p!}$$

وقد قام باسكال Pascal في كتابه الصغير الذي صدر سنة 1654 حول المثلث الحسابي تيناً استقرائياً (من الخاص إلى العام) كاملاً ، وهي تقنية استغلها من قبل أرخميدس Archimède وموروليكو Maurolico وباشت ميزيرياك Bachet de Méziriac ، ولكنها لم تأخذ كل مداها إلا مع جاك برنولي Jacques Bernoulli .

ويمكن أن نذكر أيضاً في هذا المجال من البحث ، الدراسات حول المربعات السحرية ، وهي تسليكات من قبل المحللين أعدها إلى الحياة باشت Bachet سنة 1612 و1624 . وقد انصرف إليها فرمات منذ سنة 1630 ؛ بحماس مدعش . وتميز فرانيكل دي بيسي Frénicle de Bessy (1605-1675) في هذا المجال كما تميز أيضاً في نظرية الأعداد .

أما حساب الاحتمالات الذي سبق ووجدنا بعض الأمثلة منه عند باسيولي Pacioli وكاردان Cardan وغاليليه ، فقد نشأ حقاً في سنة 1654 ، على أثر تبادل رسائل ، بين بليز باسكال Blaise Pascal ، وكان عمره يومئذ 31 سنة (وقد كتب معالجة المثلث الحسابي والبحوث الملحقة به) وبين فرمات الذي كان عمره 53 سنة . في هذه المرحلة ارتبط هذا الحساب بالتحليل المزدجي . وكانت أساليب فرمات متفوقة تماماً على أساليب تلميذه الشاب . واضطلع هويجنس Huygens على هذه المراسلة ، فاهتم بدورها في المسألة ونشر سنة 1657 أول كتاب من حساب الاحتمالات وعنوانه : «De ratiociniis in ludo aleae» .

III - وضع الحساب اللامتناهي

إذا كان من الواجب تلخيص جوهر اكتشافات القرن ، فيذكر أولاً التحليل المموء الذي قام به فيات والذي تكلمنا عنه وعن ملحقيه : نظرية المعادلات الجبرية ، والجيويمترية التحليلية ؛ ثم أخيراً التحليل اللامتناهي بفرعيه التمييزين أولاً : الحساب التقاضي والحساب التكاملي اللذان لم يجدا رابطهما الوثيق وتسمياتهما إلا عند لينينز ونيوتن : ان تاريخ هذا التحليل اللامتناهي هو ما نعالجه الآن .

فرمات : المبادئ الأساسية والمعاملات - في سنة 1629 أو في 1630 بأقصى الحدود كان فرمات

وهذا هو أسلوب الكاتب في التعبير عن نفسه ، سنة 1637 ، حول مثل البارابول (قطع مكافئ) (صورة 15) : أعطينا البارابول B.D.N. قمته D وقطره (D.C) ؛ وعليه توجد النقطة B ، التي منها يسحب المستقيم B.E ، مماساً للبارابول وملتقياً بالقطر عند E . إن أخذنا على المستقيم B.E نقطة ما O ومنها نسحب الصادية (O.I) وبذات الوقت الصادية (B.C) من النقطة B . يحصل معنا : $CD/DI > BC^2/OI^2$ لأن النقطة O هي خارج البارابول ؛ ولكن $CE^2/IE^2 = BC^2/OI^2$ بسبب تماثل المثلثين . وإذن : $CD/DI > CE^2/IE^2$. ولكن النقطة B مقدرة وإذن فالصادبة B.C ، وإذن النقطة C وإذن C.D . أي أن $d = CD$ معينة . نضع $a = CE$ و $e = CI$ فيكون :

$$d(d-e) > a^2(a^2 + e^2 - 2ae)$$

نضرب الأوسطين ببعضهما ، والطرفين ببعضهما : $da^2 + de^2 - 2dae > da^2 - a^2e$ ولنساوي تقريباً ، سنداً للطريقة السابقة ، عندها نحصل بعد طرح العناصر المشتركة على :

$$(de^2 + a^2e = 2dae) \text{ أو على : } de^2 - 2dae = -a^2e$$

نقسم كل العناصر على e نحصل على $de + a^2 = 2da$ الغ. (de) يبقى $(a^2 = 2da)$ أي أن $(a = 2d)$

ثبت إذن أن C.E هو مضاعف C.D. وهذا مطابق للحقيقة .

كان فرمات ملكاً لطريقته بشأن المماسات سنة 1632 .

وقد جُرّ ديكارت الى ذات المسألة حول بناء المماسات أو بالأحرى العواميد فوق المنحنيات الجيومترية من خلال دراساته البصرية .

ويعد أن اكتشاف قوانين الانكسار ، فنش متأخراً على ما يبدو ، إنما حدثاً قبل 1636 ، عن منحني بحيث إذا كان A وB نقطتين معينتين ، فإن كل شعاع ضوئي ينبثق عن A وينكسر على المنحني يمر في B .

وقد جره تحليل نهجه الى اكتشاف بيضوياته (Ovales) أو المنحنيات المحددة بارامترياً [البارامتر : ثابتة : أنها كمية محددة تتوقف عليها دالة من المتغيرات المستقلة] . ولكي يعطي عن اكتشافه العرض المدرج في هندسته ، اخترع أسلوبه لبناء العاموديات على المنحنيات الهندسية .

إذا كان PC هو العامود عند C على المنحني $f(x,y)=0$ (باعتبار f متعدي الحدود ، وإذا كان P هو قدمه على محور السيني ، تكتب المعادلة لدائرة مركزها P ومارة بـ C ونعبر انها تلتقي المنحني عند نقطتين متداخلتين أي أن المعادلة عند سينيات التقاطع تفترض وجود جذر مزدوج . وعندما نعود الى مسألة جبرية خالصة يعالجها ديكارت بأسلوب المعاملات غير المحددة التي اخترعها هو : (الصورة 16) .

ولا تطبق تقنيات ديكرت وفرمات ، وهي شديدة الارتباط بالهندسة التحليلية ، كما هي الا على المنحنيات « الهندسية » . وقد وعى الاثنان هذا النقص ، فعالجاه كل بحسب أسلوبه . وهنا أيضاً يمتاز فرمات حقاً على خصمه . والحقيقة أن ديكرت لم يعالج الموضوع الا مرة واحدة لكي يضع للمماسات على البكرة أو فوق الدويري (cycloïde) . واستبدل بنجاح الدائرة المولدة بمضلع ، الأمر الذي مكّنه من العثور على المركز الآلي للدوران ، وعلى خصوصية الخط العامودي المار بالمنحني لكي يمر بهذا المركز .

أما فرمات فوضع المبدأ بأنه من الممكن إبدال صادات المنحنيات بصادات المماسات وإبدال أقواس المنحنيات بأقواس مطابقة للمماسات المعثور عليها . ويرر جزئياً ، في سنة 1660 ، هذه التأكيدات من سنة 1640 ، التي مكّته من بناء مماسات عدة منحنيات صاعدة كان قد اهتم بها منذ 1638 .

وهذه هي مثلاً مسألة وضعها هذا التاريخ . نفترض وجود منحنيات كثيرة ذات قمة واحدة هي B ونفترض BA, BF, BD, BE كمعطيات معلومة بحسب مواقعها ، ونفترض منحنى آخر له نفس القمة MB ، بحيث أن الطبقات MB (مثل MC) تساوي المتوسطات النسبية بين مجموع أجزاء المنحنيات الأخرى : BE, BD, BF, AB ، ومجموع الطبقات appliquées , EC , DC, FC, AC (الصورة 17) يتوجب إيجاد المماس عند نقطة معينة من هذا المنحنى الأخير .

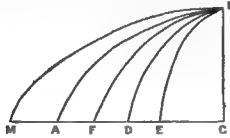
« وإذا أردت أن تكون المنحنيات الأخرى للمثل دائرة أو قطعاً مكافئاً أو زائداً أو اهليلجياً (Ellipse) ، فإني أوافق على ذلك ، بشرط أن تؤمن بأنني أعطي الحل لكل عدد ولكل نوع من المنحنيات المعطية ، ويكون أي اختلال بالتساوق (أو بدون أي تعبير يتضمن جذوراً) الأمر الذي يبدو مدعشاً » .

وفي حين كان ديكرت وفرمات يعالجان موضوع المماسات بأساليب جبرية خالصة وبعدها يوسعونها لتشمل المنحنيات « الميكانيكية » ، استعمل روبرفال Roberval أسلوباً حركياً ، والحقيقة انه درس المماسات وفقاً لأسلوب نيكوميدي Nicomède في دراسة المقعرات بطريقة جبرية ، لكي يناقش وجود جذور لمعادلات الدرجة الرابعة . وهو بهذا تلميذ عند فيات Viète ويضع نفسه في نفس مجال فرمات Fermat . ولكنه في أسلوبه الحركي للمماسات ، يأخذ بعين الاعتبار اتجاه موجب السرعة ، اتجاه يحصل عليه بتفكيك حركة متحرك فوق المنحنى المساري ، بتفكيكه الى مسارين . إلا أنه لم يعالج المسألة إلا هندسياً ، ولم يستخرج اللوغارتمية بوضوح . وأسلوبه في أساسه يماثل أسلوبنا الذي نقوم ، بالنسبة الى المنحنيات المتمثلة بمتغيرات مشتقة (بارامترية) من x و y ، أكرر يقوم على اتخاذ كمماس ، الخط المستقيم ركيزة الطوخة ذي الإحداثيتين x و y . وأسلوبه هذا معاصر تقريباً لأسلوب الآخرين ، بتاريخ 1638 .

ووصل توريشلي Torricelli الى تصورات حركية ماثلة لتصورات روبرفال Roberval ، والتي

ألمحت فيها بعد بارو Barrow في كتابه المسمى (لكسيون جيومتريكا) Lectiones geometricae لسنة 1670 .

ومناهج فرمات وديكارت ، المتماثلة في مبادئها ، حولت إلى اللوغاريتم ، على الأقل فيما يخص المنحنيات الهندسية ، من قبل رياضيي الجيل التالي . وهم من جهة تلامذة شوتن Schooten وهود Hudde وهويجنس Huygens ثم سلوز Sluse ، أسقف لياج ، والذي ينتمي مباشرة إلى فيات ، وإن كان قد تأثر في روما بمدرسة غاليله عن طريق ريشي Ricci . إن الانكليزي بارو Barrow ، من جهة أخرى ، ولكن بعد تأخر قليل - وهو المتأثر أيضاً بريشي Ricci والمدرسة الإيطالية - قد أدخل كرسية إلى نيوتن . ومع بارو Barrow تمّ الاقتراب أكثر ، في هذا المجال من حساب لينينز Leibniz .



صورة 17 - مسألة حول للمماسات درسها فرمات

غير القابلات للقسمة - إن جذور الحساب التكاملي تعود إلى « عناصر » إقليدس Eūclide وخاصة « عناصر » أرخميدس Archimède . وقد وعى الغرب مسائل تشكل مادة هذا الحساب ، في كتب الرياضي الكبير أرخميدس السيراكوزي الذي أخذ يشتهر لدى الغربيين في أواخر القرن 16 . وكان لوفافاليريو Luca Valerio من أوائل الذين فهموا هذه الأعمال ، ونشر بعد 1604 بحوثه حول مراكز الثقل النوعي

والى تلميذ غاليله ، غير المباشر ، كافاليري (1598-1647) يعود الفضل في انطلاقة الحساب التكاملي . ومن الانصاف أن نلاحظ أنه إذا كان كتابه الشهير : « الجيومتريا » . 1635 « قد كان له تأثير حاسم على الجيل التالي ، فإن الباحثين في عصره الذين عبروا ، مستقلين عنه ، عن أفكار مشابهة كانوا كثيراً .

لقد أكمل كافاليري Cavalieri تصورات ، بعد 1629 ، ولكن في سنة 1615 كان ج. كبلر J. Kepler قد استعمل تقنية مشابهة في كتابه « نوبا ستيريومتريا Nova Stereometria » . مع جراحة أكبر وبعض النتائج الخاطئة . وتشبيهه المنحني بمضلع ذي أضلاع غير متناهية ، استطاع أن يتصور فكرة غير القابل للقسمة بكل واضح نوعاً ما . فضلاً عن ذلك ، كان اليسوعي غرغوار دي سان فاتسان Grégoire de Saint-Vincent (1584-1667) قد حصل منذ 1625 على نتائج جيدة ، وكانت طريقة الدقيقة للعرض تقترب مباشرة من شمولية الأقدمين ، ولكن ضياع غالبية أوراقه في حريق براغ لم

تتح له التعريف بأعماله إلا في سنة 1647 في كتابه الكبير : « أوبيس جيومتريكوم . . Opus Geometricum » . لقد أضرب به الزمن ، وكذلك أيضاً رغبته المسرفة بالدقة ، ونقل التبينات الناتجة عن هذه الدقة ، هذا من جهة ، ومن جهة أخرى محاولته الفاشلة في تربيع الدائرة ألقت بعض الظلال على أعماله . ولكن لينيز يذكره باحترام الى جانب كافاليري Cavalieri وباسكال Pascal باعتبارهم من ملهميه .

وفي فرنسا ، وبلاستقلال عن كافاليري Cavalieri قام ديكاروت وقرمات وروبرفال Roberval ، مستعينين بالجبر الكلاسيكي فربعوا ، باكرأ ، « البارابولات » $y = x^2$ ، ثم قام قرمات وروبرفال بتربيع « البارابولات » الأعم $y = x^3$ وكعبوا البارابولويدات المتحركة الدائرية ، وعينوا مكان مراكز الثقل النوعي . وهذه المسألة الأخيرة لم يعالجها كافاليري Cavalieri إلا فيما بعد ، بناء على طلب جان دي بوغران Jean de Beaugrand ، بعد 1640 ، وجزئياً مقارضة ضد غولدين Guldin (1577-1643) . وكان هذا الأخير يسوعياً نمساوياً اشتهر بنظرياته حول الأحجام والمساحات في الأجسام الدائرية المتحركة ذات العلاقة بمراكز الثقل النوعي في الصفائح والمنحنيات المسطحة . وقد سبق أن وجدت هذه القواعد عند بابوس Pappus .

وقد ارتبطت كل التقنيات التي استعملها الكتاب المذكورون ارتباطاً وثيقاً بالتراث الارخيدي الذي لم يعرف الا من خلال الخلاصات المختصة عن المعلم ، ذلك ان الكتاب الموجه الى اراتوستين Eratosthène الذي كشف عن تحليله لم يعثر عليه الا في مطلع القرن العشرين .

وقد توصلوا ، بفضل حسهم العميق بالرياضيات ، وكل حسب طريقته ، الى اعادة تكوين هذا التحليل . وكانوا يؤمنون عن اخلاص بانهم يجددون ويتجاوزون من يحتذون به . من هنا المناقشات التي لا تنتهي حول الافضلية والاتهامات المتبادلة بالسرقة ، وهي جرائم نبرتهم نحن منها جميعاً او تقريباً ، من دون بوغران Beaugrand الذي يبقى مشبوهاً .

كان قرمات من انصار التبيين التركيبي الدقيق ، ولكنه قد شغل باهتماماته ، كما كان اسير عبقرية التي تجعله راكضاً من اكتشاف الى اكتشاف ، فاكثف بالتحليل ، الذي لم يتسن له حتى مجرد عرضه ، فاكثف باعطاء النتائج لا اكثر .

اما كافاليري Cavalieri ، الذي كانت تنقصه مع الاسف مصادر الجبر الكلاسيكي ، فقد حاول ان ينهج طريقة في كل كبير منظم . وكانت محاولته مغرية ، وكان عمق ارائه قد خفي على المؤرخين . فبالنسبة اليه مثلاً ، اذا كان بالامكان قياس رزمة مسطحة بالنظر الى « مجموع خطوطها » الموازية لانحياها ما ، فان هذا المجلد يُحصَل عليه بحركة تكس السطح فتعطيه ، بحسب اللغة الحديثة ليس قوة « غير المتناهي » القابل للعد ، بل قوة اللامتناهي المستمر فضلاً عن ذلك ان تصوره العام جداً للمماثلة ، في الكتاب الاول من مؤلفه تتجاوز الى حد بعيد نتائج الاغريق ، اما الاعيه الجيومترية فهي من الاكثر براعة . الا ان محاولته من الناحية النظرية فاشلة ، لان الكثير من تبيناته غير ثابتة وقد اضاف الى

البدنيات في الهندسة الاغريقية بعضاً آخر، يمكن الاستغناء عنها، بحسب المنطق الحق. ولكن عندها يتوجب اعتماد وجهة نظر روبرفال Roberval التي عممها باسكال Pascal بقوله (1659):

« كل ما هو مبن بال قواعد الحققة المتعلقة بغير المراتيات، يمكن تبينه ايضاً، وعند الضرورة، ووفقاً لاسلوب القدماء، وهكذا لا تختلف مطلق واحدة من هذه الطرق عن الاخرى الا من حيث اسلوب الكلام: وهذا امر لا يمكن ان يبرح الاشخاص العاقلين بعد سبق انذارهم بما يقصد بهذا. ولهذا لن اعارض، فيما بعد، في استعمال هذه اللغة لغة غير المقابلات للقسمة: «مجموع الخطوط» او «مجموع السطوح». وهكذا عندما ننظر، مثلاً، الى قطر نصف دائرة مقسوم الى عدد غير محدد من الاقسام المتساوية عند النقاط Z، من حيث تنطلق «الصاديات» Z.M، فلن اعارض في استعمال هذا التعبير «مجموع الصاديات» الذي لا يبدو انه هندسي في نظر الذين لا يفهمون نظرية اللامقسومات، والذين يتصورون انهم هندسوا الجيومتريا ان هم عبروا عن السطح بعدد غير محدود من الخطوط، وهذا لا يتأتى الا من نقص الذكاء عندهم، اذا لا يفهم من هذا المجموع عدد غير محدد من المستطيلات القائمة على كل «صادية» مع كل من الاجزاء الصغرى المساوية للقطر، والتي مجموعها هو حتى سطح لا يختلف عن مساحة نصف الدائرة الا بكمية اقل من اي معطى »

هذا الانتقال قد يبدو لأول وهلة كتعريف أولي ممتاز للمتكامل (Integrale) المحدد، فيه تعريف الحد في الاسطر الأخيرة، الواقع أنه خلاصة لطريقة الرفع المعروفة من الاقدمين، وخلاصته أسرع للتعبير عنها بلغة اللامقسومات. وتلاشت هذه المعلومات الواضحة جداً تحت تأثير لينيز خلال القرن 18: فدية التقدم الضخم الذي أحدثه لينيز نفسه للحساب التكاملي. ولخط القرن 19، وبخاصة مع كوشي (Cauchy) عودة نحو المفاهيم الأرخيديمية.

أهم النتائج الرئيسية: - دل أسلوب التكامل المباشر المسمى تكامل اللامقسومات بلغة كافاليري على أن:

$$\int_0^a x^m dx = \frac{1}{m+1} a^{m+1}$$

وذلك باستعمال الترقيعات الحديثة. وقد وضع كافاليري Cavalieri هذه النتيجة سنة 1629 (ونشرت سنة 1635) من اجل المثقات (Puissances) 1 و 2، ثم بعد نشر كتابه، بالنسبة الى المثقات 3 و 4 ثم بطريقة الاستقراء غير الكامل، بالنسبة الى المثقات الكاملة الالجابية.

وبعد 1635 كانت هذه النتيجة العامة قد اثبتت بدقة من قبل قرمات الذي توصل في نفس الحقبة، او على الاقل قبل 1638، الى اشمالها المثقات (Puissances) الكسرية الالجابية (وكان في تعبيرة يقصد تربيع البارابولات العامة: $b^m = a^m \cdot y^m$). وحصل روبرفال على نتائج من نفس النظام. وعندما ظهر توريشلي Torricelli على المسرح في الرياضيات، حملته استخدامات ماهرة للامقسومات المنحنية على ان يكتشف (سنة 1641) حجم «الكونويد Conoïde» الرفع الحاصل

من جراء دوران إيبربول حول مستقيمه المقارب Asymptote. وقد دفع توريشلي Torricelli بمناظرته مع روبرفال Roberval الى توسيع النتائج التي حصل عليها، فربّع الايبربولات العامة

$$x^m y^n = a^m b^n.$$

وتعرف واليس Wallis على هذه الحسابات في كتب توريشلي. فقدم عنها عرضاً عاماً عن طريق الاستقراء غير الكامل وذلك سنة 1656، في كتابه المسمى اريتماتيكا انفينيتورم Arithmetica Infinitorum، وكان هذا العرض موضوعاً بصورة تجريدية حول حسابات عديدة. وكان من اولى المحاولات في التحليل اللامتناهي حتى يتخلص من التمثيل الفضائي

وتتعلق المسائل حول السيكلويد Cycloïde او المنحنى المرسوم بواسطة نقطة مرتبطة بدائرة تخرج دون ان تنزلق فوق خط مستقيم، بالمسائل السابقة ولكنها تهتم بالعلاقات التريغونومترية. اما مسألة تربيع قنطرة المنحنى فقد طرحت على ما يبدو من قبل مرسين Mersenne على روبرفال Roberval، بعد ان درسها على ما يقال، غاليله، وحلها اولاً روبرفال سنة 1637، بواسطة طريقة بسيطة وبارعة، وهذه المناسبة اخترع روبرفال السينوزويد Sinusoïde او بالنسبة اليه «رفيقة الرولت». وبعد ان علم فرمات وديكارت بنجاح هذه التكاملية قدما حلولها وتبعهما بعد عدة سنوات توريشلي Torricelli. اما خط المماس فقد وجده روبرفال وكان الطليعة، وقد ابتكر من اجل هذا طريقته الحركية، ثم تبعه مباشرة، في سنة 1638 ديكارت، وذلك بفضل استخدام المركز الآني للدوران ثم فرمات بفضل تقنياته العامة. وفي سنة 1641 اكتشف توريشلي Torricelli، من جهته الطريقة الحركية التي كان فيفياني Viviani يطبقها بدوره سنة 1643 في بناء مماس السيكلويد. وحسب روبرفال وتوريشلي كلاهما الحجم الذي يولده دوران القنطرة حول القاعدة. واعتقد توريشلي، في سنة 1644 انه اكتشف الحجم الحاصل من الدوران حول المحور، والموقع الصحيح لمركز الثقل النوعي لصفحة مكونة من نصف القنطرة. وقدم نتيجته بدون تبين. واجتهد روبرفال فلاحظ خطأ وهو يجري تكامله المتقارب، فسأل منافسه اذا كان متأكداً من النتيجة، وتوصل اخيراً في اواخر سنة 1645 وبعد سنتين من الجهد الى النتيجة الصحيحة. وقد أكمل لهذا الغرض تقنيات التكامل. وقام باسكال بتحسين اساليب روبرفال ووسعها وذلك بمناسبة النزاع الكبير سنة 1658 حول المسائل التي كان هذا الاخير اي بسكال قد نشرها تحت اسم مستعار هو دتونفيل Dettonville وطرحها على كل الرياضيين حول موضوع السيكلويد.

وبدا تربيع الجارابولات (القطع المكافئة) من كل الدرجات (ما نسميه نحن ذات الحد) موضوعاً مطروحاً في منتصف القرن وعملوا. وظل تربيع الدائرة معلماً، ولكن في المسائل المتعلقة بالسيكلويد، كان العلماء يردون اليه تربيعات العلاقات «Fonctions» مثل $\sin^m x$ وبقيها يكون m و n العددين الصحيحين الاعجابيين والاولين.

عند N . نفترض AT المنحنى المركز لـ N : ان المساحات المحصورة بين المنحنى AC والصادية Mm ، والجزء Am من المحور، من جهة، والمنحنى AC ، والموازي MN للمحور، والمنحنى AT من جهة أخرى، وهي متساوية (صورة 18).

وفي مطلع كانون الثاني سنة 1646 اعلم روبرفال توريشلي بالأمر. وسرعان ما وجد هذا الأخير تبييناً، واستفاد منه لتربيعات ايبربولاته. ذلك ان تربيعات روبرفال كانت اداة قوية للتكامل، قبل اختراعات نيوتن وليبنز. وقد قيم ريشي Ricci، صديق توريشلي هذا الاكتشاف تقييماً عظيماً. وقد استفاد منه جيمس غريغوري James Gregory، كما اتاح نجاحاً اول من نجاحات لينز، الذي تقاسم هذا النجاح، امام التاريخ مع غريغوري نفسه: اكتشاف السلسلة التالية

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} \dots$$

المسألة المعاكسة للمماسات- قيل ان نتفحص العلاقات بين الجليل الذي سبق مباشرة لينز ونيوتون. اي جيل واليس Wallis، وبارو Barrow، وباسكال Pascal وهويجنس Huygens وغريغوري، يبقى علينا ان ننظر في مسألة اخرى كبيرة متناهية الصغر وهي مسألة عكس المماسات: تحديد المنحنى بواسطة مميزاته المماسية. نعود الى الوراء، الى اعمال كيبلر في البصريات، اعماله في كتابه المؤرخ سنة 1604 بعنوان ادفيثيلونيوم Ad Vitellionem... ان مسألة من هذا النوع قد ظهرت في هذا الكتاب. وقد بحث كيبلر عن (الأناكلاستيك) l'Anaclastique او المنحنى يبحث ان الشعاعات المتوازية تلاقى عنده انكساراً، ثم تلتقي في نقطة واحدة. ولم يجد كيبلر بين يديه كقوانين للانكسار الا جداول عديدة بدائية جداً وضعها ويتلو Witelo. ولهذا فقد وعى عدم امكانية الوصول الى شيء. ورغم ذلك فقد درس هذا المنحنى نوعياً بواسطة مماساته، وعثر على معنى تقعره وبين ان له خطاً مقارباً (Asymptote).

وعندها توقف عاجزاً عن الاستنتاج ان هذا هو إيبربول ابولونوسوس Hyperbole d'Apollonius، منحنٍ يشبه كثيراً. اما تعريف نيبير Néper وبنائه اللوغاريتمات فمسألة من ذات النوع.

وعلى اثر هذه الامثلة الاولى، يمكن ذكر التحليل المجهول الذي حل ديكرات Descartes الى بيضوياته، والتحليل الذي اوصل رياضيي ياريس الى اللولبية اللوغاريتمية.

ان تحديد مركز الثقل النوعي للبارابولات والبارابولويد في حالة الدوران قد عولج من فرمات سنة 1635، بنفس العقلية. ولكن المسألة التي طرحها ف.دي يوم F.de Beaune هي الاشهر، اذ طلب سنة 1638، بناء منحنٍ انطلاقاً من خصوصية تامة. وهذا المنحنى هو لوغاريتمية ذات محاور منحرفة. والاسلوب الذي عالج به ديكرات هذه المسألة يبحث في اعتبارات كيبلر Kepler حول «الأناكلاستيك» Anaclastique.

ويلاحظ أيضاً ، انه في بعض الحالات المميزه (بارابول ، ايبربول ، لوجاريمية) ، يربط تغيير روبرفال Roberval فيما بين مسألة حساب المساحة وحساب تحديد للمماس .

جون واليس - John Wallis ننظر الآن في تقديرات جينيل جديد . كان واليس (1616 - 1703) كما يعلمنا بنفسه ، رياضياً درس على نفسه ، منذ 1647 ، بقراءة أوترد Oughtred ، وهارويوت Harriot وتوريسي Torricelli . وكان مجاله المفضل هو مجال الحساب العددي حيث اظهر براعة كبيرة رغم انه يبني اساليبه على الاستقراء غير الكامل الذي قال عنه فرمات Fermat :

« يقترح واليس المذكور سلسلة متتالية من الكميات تبدأ بصفر (الذي يمثل النقطة) والتي تتالى بتضاعفية حسابية ، ويبحث عن الاس السبب الموجود بين مجموع الكميات المذكورة ومجموع الحدود المساوية لأكبر المعطيات .

والوسيلة التي يقدمها للعثور على هذا الاس السبب تقوم على اخذ مجاميع الكميات المختلفة للاعداد ابتداء من الاذن ، ثم مقارنة الاسات بعضها ببعض ثم استخراج قاعدة شاملة من هذا .

« ويمكن الاستعانة بهذا الاسلوب ، اذا كان تبين ما هو مقترح مخفياً ، وانه من الواجب أولاً وقبل السعي من اجل الوصول اليه ، التثبت أولاً من الحقيقة ؛ ولكن يجب توخي افضل الاساليب ثم الالتزام بالحرص والحذر اللازمين . اذ يمكن اقتراح شيء ما ، واتخاذ قاعدة ما ثم العثور على انها جيدة بالنسبة الى عدة اشخاص ومع ذلك فهي خاطئة وغير عامة ولا شاملة . » .

ان مأخذ فرمات Fermat عن . الا ان تقدم الرياضيات سوف يتحقق من خلال هذا التوازي لروحية الدقة ، التي لم تبق متمثلة الا بهويجنس Huygens ونيوتن Newton . وحتى هذان اعتبرا فعالية التفتيات افضل من تبريراتها النظرية .

ومهما يكن من امر ، يجب الاعتراف بفضل واليس Wallis لانه اظهر جدوى وقوة التقريبات العديدة غير المحدودة . فهو قد اهتم مثلاً ، بالكسور المنهجية العشرية والسنتية ، وبين ان العلاقات الجزئية تولد الكسور الدورية وان الكسور الصماء غير الجزئية تولد الكسور غير الدورية . وقدم حاصله الشهير للاجود اللامتناهي حول التقريبات اللامحدودة لـ $\frac{4}{\pi}$.

واستطقت صديقه لورد برونكر Lord Brouncker ، من نفس العدد ، تعبيراً بواسطة كسر متابع . هذا النظام الاخير للعد الذي وضعه بومبيلي Bombelli ، قد عولج بصورة منهجية في بداية القرن من قبل كاتالدي Cataldi ، استاذ في بولونيا . وقدم واليس Wallis دراسة اخرى منهجية مرتبطة بالكسور العشرية . وطبقها شونتير Schwenter (1585 - 1636) عملياً سنة 1627 . واستعمل هويجنس Huygens من أجل بناء مرصده الآلي هذا الألفوريثم ، إلا أن هذا القسم من أعماله لم يعرف الا في سنة 1713 بعد موته .

السلاسل المتتالية - ولكن المكسب الاسمي الذي حققته مدرسة واليس Wallis هو التوصل

الى السلاسل المتتالية . ظهر التعبير باللاتينية ، بمعنى تحليلي ، عند جيمس غريغوري James Gregory (1675 – 1638) (فيربا سيركولي، Vera circuli) و (إيسبر بولا كوادراتورا Hyperbolae quadratura) (1667) يفهمه مختلف قليلا عن المعنى الذي تعطيه اياه نحن . عند غريغوري Gregory القصد هو سلاسل تعطي بأن معا قياً زائدة وقياً ناقصة لقطع دائري ، وكل مزدوج متتال يتراكب في السابق . وعندها لا يكون من الضروري ان تلتقي السلسلة بالمعنى الحديث للكلمة . ان كلمة « تلتقي » قد اخذت عن لغة البصريات (جيمس غريغوري James Gregory كان أيضاً عالماً بالبصريات) .

إن السلاسل المتتالية حقاً والتي استعملها غريغوري فيها بعد ، ظهرت منذ 1650 عند مانغولي Mangoli (1626-1686) وهو استاذ في بولونيا . إلا أن هذا المؤلف عرف في الأوساط الانكليزية حوالي سنة 1670 ، وأعماله لم يكن لها على ما يبدو انعكاسات مهمة .

ان نيكولا مركاتور Nicolas Mercator (كوفمان) Kauffman المولود سنة 1620 . في هولستين Holstein ، والمتوفى في باريس سنة 1687 هو الذي اطلق حقاً هذه التقنية المهمة جداً . ففي كتابه المسمى لوغاريتمو تكتيكا Logarithmotechnia ، المنشور سنة 1668 في لندن ، وجد مساحة الإيبربول ، وذلك عن طريق الاختزال أولاً في سلسلة جيومترية $(1 + x)$ ثم بدمج الحد بالحد وفقاً لاسلوب واليس Wallis . وقد عثر هذا الأخير وبذات السنة على نتائج مشابهة نشرها سنة 1670 .

وقد كان لاسلوب نجاح باهر ، وخلال بضع سنوات برع به جامس غريغوري James Gregory ونيوتن وليبنيز Leibniz . Newton . والامتياز يعود حتى الى اسحاق نيوتن Isaac Newton الذي عثر على السلاسل لا بالقسمة فقط ، بل بلدي الحدين Binôme الذي يجعل بحق اسمه ، بالنسبة الى المضعفات Puissances القياسية النسبية لـ $(1+x)$. وكشف سنة 1676 ، وبعد مدة طويلة من الاكتشاف ، أنه عثر على تطويرات القوس الأجوف (x) . والقوس الأجوف المقلوب x ويجب التمام x الخ ، وسلاسل مماثلة بالنسبة الى قوس القطع الناقص (Ellipse) وحتى بالنسبة الى أهلة Segments وأقواس تربيعية دينوسترات (Dinostrate) ، إذا لم تكن بعد قد توصلنا الى الحساب اللامتناهي الكلاسيكي فإننا قد اقتربنا منه كثيراً .

هويجنس - Huygens يختلف هويجنس Huygens ، كرياضي ، تماماً عن واليس Wallis . وهو ، أكثر من كافاليري Cavalieri او من توريشلي Torricelli ، حصيلة تربية اكااديمية متطورة جداً . ذلك ان تلميذي كاستلي Castelli قد حرما للاسف من تأثير فيات Viète . وبالعكس كانت مجموعة تلاميذ شوتن Schooten قد تلقت زيادة على تأثير الكلاسيكيين الكبار من الاغريق ، تأثير فيات Viète ، وتأثير ديكرات Descartes بصورة مباشرة أيضاً وأكثر حداثة . فقد كان شوتن Schooten هو ناشر الرياضيين الكيريين وكان التلميذ المباشر لديكرات .

وبعد ان اجتمع هذا التأثير المبارك بعقريّة التلميذ ، اعطى النتائج الحلوة التي حصل عليها هود

Huygens ، أو فان هورات Van Heuraet . وعندما التقى هذا التأثير بالعبرية ، كان هويجنس Huygens (1629 - 1695) . ولن ندرس هنا إلا المظهر الرياضي الخالص لعمل هذا العالم العالمي ، رغم احساسنا بكل ما في هذه الطريقة من اصطناع ، كما سحسه تجاه نيوتن الذي يشبه هويجنس Huygens بكثير من النواحي . فقد كان هويجنس يجمع الى جانب القدرة على الاختراع عظيمة ، احساساً بالجمالية الرياضية متطوراً جداً . فهذا الميل الى الاناقة والى الدقة حله على ان لا ينشر الا الانجازات الكاملة ، ولذا كانت منشوراته متأخرة دائماً ؛ ولهذا كان من الواجب دراسة رسائله من اجل معرفة تحليل اختراعاته . واشهر كتبه (أورولوجيوم أوسيلاتوريوم Horologium Oscillatorium ، باريس 1673) يعرض اكتشافات حول الرقاص امتدت طيلة عشرين سنة ؛ فهو يبين كيف يتصرف الرياضي الاصيل تجاه إجراءات التجربة .

وكان الشاب هويجنس يتفنى هدفاً تقنياً : تكييف الرقاص ، مع توقيت الساعات . وقد لاحظ ان تواقت التاراجحات ليس مطلقاً كما اعتقد غاليله . ولكي يصبح عدم التواقت اعتمد اسلوب تخفيض اوتوماتيكي لطول الرقاص عندما يتسع مدى التاراجح . وهذا التخفيض يتم بفضل قوسين مقعرين بصورة منهجية حول نقطة ربط الحيط بحيث يلف هذا الحيط حولها بصورة جزئية . حتى الآن نحن ضمن اطار التقنية الخالصة التجريبية وان بدت اتيقة جداً .

ولكن الرياضي لم يكن راضياً . ماذا يجب ان يكون عليه مسار النقطة الوازنة حتى يكون التواقت مطلقاً ؟ نصادف هنا احد الامثلة الاولى من المسائل التي سوف يطرحها عدد كبير من الرياضيين وخصوصاً تلامذة ليبنتز Leibniz .

اما مسعى هويجنس في الاختراع فمختلف تماماً عن مسعاه في عرضه لسنة 1673 . فقد قام بدراسة اولى استعمل فيها تقنيات غاليله عندما يكون المسار قوس دائرة . وعندما عاد الى التكامل المباشر (بين اللانقسمات) الذي ادخل ما سيكون فيما بعد العلاقات او الوظائف الاهليلجية (البيضاوية) ، احل هويجنس Huygens المسار بيارابول شديد المماس (Surosculatrice) (ذكره حرفياً سان فانسنت de Saint - Vincent ، سنة 1647 ، مع ان التعبير يعود أصلاً الى مدرسة ليبنتز) . وهكذا رُدُّ الى

التكامل $\int_a^b \frac{ds}{\sqrt{z(b-z)}}$ هذا التكامل عرف بفضل تغيير روبرفال Roberval ، وانما يجب ان يكون المرء على اطلاع على مناهج ديكرات Descartes حتى يرى هذه العلاقة . وهذا التكامل يعبر عن التواقت الكامل . فما هو اذن المسار الذي يعبر بدقة عن هذا التكامل ؟ .

ولكن كنّا في سنة 1658 ، في عصر تحدي باسكال Pascal لكل الرياضيين في العالم حول الروليت . هذا المنحنى الذائع الصيت هو الذي قدم الحل حلاً : المسار يجب ان يكون سيكلويداً .

الروليت - ربما نكون قد عدنا الى المنحنى الاكثر اهمية من بين المنحنيات كلها التي درست في القرن 17 . يعرض باسكال Pascal بشأنه توضيحاً رائعاً حول تقنية اللانقسمات فيستخرج اقصى ما فيها ويصل بها هنا الى اللدورة . ولكن Wren (1632 - 1932) الذي اعاد بناء لندن ،

تكوينه العام، يستحق ان يقارن بصديقه وسابقه على المنبر اللوكازي Lucasienne في كمبريدج، اسحق بارو (1630 – 1677). Isaac Barrow. كان هذا الاخير ذا ثقافة كلاسيكية عظيمة، واعطى ونشر مختصرات ممتازة للرياضيين الاغريق. وه محاضراته الرياضية « درست بعق بالغ اسس العلم. وفي « محاضراته الهندسية » 1670 بين العلاقة بين المسألة المعكوسة للمماسات والترميزات .

وعرف نيوتن مثل بارو Barrow، وبعمق الكلاسيكيين الاغريق العلميين مع اعجابه وانجذابه نحو علماء العصر. وقد استوعب تماماً ديكارت Descartes. وتعتبر دروسه التي نشرها تحت عنوان « الحسابات الكونية » (1707) خير دليل على ذلك. اذ هي تشكل، بنوع من الانواع، تفسيراً وتنمة للجبرومتريا .

ودرساته حول المنحنى من الدرجة الثالثة، والمستوحاة، ربما، من انتقادات فرمات حول تصنيفات ديكارت، تنمي تقنيات الهندسة التحليلية وتظهر كل فعاليتها. وكتابه الاساسي « برانسبيا Principia يعتبر من ناحية الرياضيات ألبحة، كنزاً لا يثمن، فيه اختصر المقدمات الهندسية في عصره وعصور اللاحقين.

وفي حوالي سنة 1665 خطرت لنيوتن أولى أفكاره حول حساب التفاضل، واكتشف توسيعه لسدي الحثين. ولكنه لم يسلم مكتشفاته للطباعة سوى متأخراً جداً. وقد ضمن أفكاره حول الحسابات الجديلة في كتابه الكبير حول نظام الكون : « الفلسفة الطبيعية لمبادئ الرياضيات »، 1687، وفي محاولاته، « تحليل المعادلات ذات الحدود اللامتناهية » الذي كتبه سنة 1669، ولكن نشر سنة 1711، « طريقة التفاضلات والسلاسل اللامتناهية » الذي كتبه باللاتينية سنة 1671 ولكن ترجمه إلى الإنكليزية جون كولسون John Colson وطبع بهذه اللغة سنة 1736، وكتاب «Tractatus de quadratura Curvarum»، الذي كتب سنة 1693 وطبع سنة 1704 كملحق لكتابه عن البصريات «Opticks». وفي كتابه الأخير هذا صرح بما يلي :

« لا اعتبر المقادير الرياضية وكأنها تتألف من اجزاء متناهية الصغر، بل وكأنها مرسومة بحركة دائمة. والخطوط لا ترسم وتتولد لا بفعل تراكم اجزائها، بل بفعل الحركة الدائمة للنقط، والمساحات بفعل حركة الخطوط، والاحجام بفعل حركة السطوح او المساحات؛ والزوايا بفعل دوران الاضلاع، اما الزمن فهو وليد تيار دائم. واعتبر اذاً ان الابعاد التي تنمو في ازمة متساوية هي اكبر او اصغر بحسب ما اذا كانت تنمو بفعل سرعة اكبر او اصغر، واني افترض عن طريقة من اجل تحديد الابعاد سناً لسرعات الحركات او التزايد الذي يولدها. وسميت دفعات (Fluxions) او تدفقات سرعات هذه الحركات او التزايدات، في حين سميت للمقادير المولدة « متدفقة»، وقعت، في حوالي السنتين 1665 – 1666، على طريقة التدفقات التي سوف استعملها في تريب المنحنيات .

اذا افترضنا x القيمة المدروسة، المتدفقة فان تدفقه يمثل بـ \dot{x} ، واذا كان التغير المستقل، الزمن في الصورة الفيزيائية المعتمدة من قبل نيوتن Newton، له عزم، او تزايد متناهي الصغر (صفر) فعزم x يكون $(\dot{x} \cdot 0)$. وهكذا يبدو التدفق التوتني تماماً كمتشتتا الحاضر. وتدفق التدفق يرمز اليه بـ \ddot{x} ، الخ.

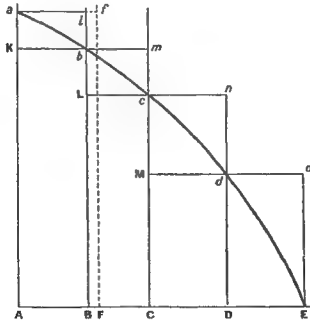
والمقدار الذي يقبل به كدفق تكون متدفقته هكذا [2] أو x' أو x'' ولوغاريثم حساب التدفقات يركز على البحث عن تدفق حاصل الضرب. واستنتج نيوتن من ذلك مثلاً ، في المقدمة اللوغاريتمية II، كتاب II من « البرانسيبيا » Principia (المبادئ) ان التدفق الناتج عن :

$$A^m B^n C^p \text{ هو : } maA^{m-1}B^n C^p + naA^m B^{n-1} C^p + paA^m B^n C^{p-1}$$
إذا كانت a و b و c هي تدفقات A و B و C وهذا مهما كانت الأسس m و n و p صحيحة أم كسرية ، إيجابية أم سلبية .

وانكار نيوتن Newton في عمقها قريبة نوعاً ما من افكار ليبنيز Leibniz . الا ان عرضه ، وان لم يصل الى الدقة الحالية ، يبدو أكثر حذراً من عرض منافسه . انه يوضح تصوراتته ، دون ان يدخل ملاحظاته ، في مطلع (المبادئ) ضمن ما يسميه « منهج الاسباب الاولى والاخيرة » . فهو يعلن ويقرر المقدمات اللوغاريتمية التالية (وبعض تعابيرها فقط ابدلت وحدثت) :

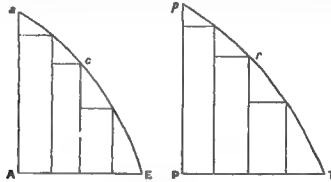
القاعدة I - ان الكميات او علاقات الكميات التي تنزع بصورة دائمة الى التساوي في زمن متناهٍ ، والتي قبل نهاية هذا الوقت ، تقترب أكثر ، قريباً ينفي عنها كل فرق معلوم ، هي في النهاية متساوية .

وان انكر احد ذلك ، وقال انها غير متساوية ، وان فرقها الاخير هو D ، فإنها لا تقترب من التساوي أكثر من الفرق D ، وهذا يناقض الطرح .



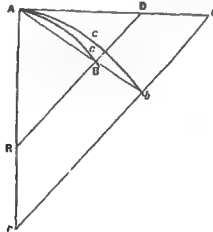
صورة 19 .. صورة القاعدة II من « مبادئ » نيوتن

القاعدة II - إذا رسمت ضمن رسمة ما (Aa cE) واقعة بين المستقيم Aa وAE والنحفي E a b، متوازيات عدة Ab وBc وCd . . . ذات قواعد متساوية AB وBC وCD وDE واضلاعها Bb وCc وDd الخ . مَوَازِيَةٌ للضلع Aa من الرسمة ، وان أكملنا متوازيات الاضلاع aKbl وbLcm وcMdn الخ ، ثم إذا كانت قواعد المتوازيات أخذت تتناقص الى ما لا نهاية في حين أخذت أعداد تتزايد الى ما لا نهاية ، أقول أن العلاقات الأخيرة القائمة بين الرسمة المدموجة AKbLcMdD والرسمة الدائجة AaIbmcdno والخط المقعر AabcdE هي غلاقات مساواة (الصورة 19)



صورة 20 . - صورة القاعدة IV من « المبادئ »

لأن الفرق بين الصورة المدموجة والصورة الدائجة هو مجموع المتوازيات KI ، Lm وDo اي ، بما أن كل القاعدات متساوية ، فإن المستطيل الأساس Kb ، ذا الارتفاع المكون من مجموع الارتفاعات Aa ، هو المستطيل ABla ، ولكن هذا المستطيل ، ذا القاعدة AB التي تتناقص باستمرار ، هو أصغر من كل مستطيل معين . وإذا ، بموجب القاعدة 1 ، تكون الرسومات الداخلة والمحيطه ، وبصورة أولى الرسمة المحدودة الوسيطة متساوية في النهاية » .



صورة 21 . - صورة القاعدة VII من « المبادئ »

القاعدة III ان «نفس الروابط هي في النهاية روابط تساوحى ولو كانت قواعد متوازي الاضلاع (AB, BC, CD) الخ غير متساوية وتتناقص بدون حد. نفترض بهذا الشأن AF تساوي القاعدة الاكبر ونفترض اكمال متوازي الاضلاع (FAaf). ان هذا الاخير اعلى من الفرق بين الرسومات الداخلة والرسومات الخارجة (بالنسبة الى الدائرة)، وقاعدته AF تتناقص باستمرار، فهو اصغر من كل مستطيل معين». وبلي ذلك بعض اللزوميات او النتائج الطبيعية.

القاعدة IV - اذا تضمن شكلان AacE و PprT سلسلتين من متوازيات الاضلاع بنفس العدد، وانه عندما تتضاءل القاعدات الى اللانهاية، فان النسب الاخيرة فيها بين متوازيات احدي السلسلتين، مع مقابلتها في الاخرى، تكون متساوية فيها بينها، واقول ان الشكلين او الرسمتين AacE و PprT هما فيها بينهما بنفس هذه النسبة (صورة 20). ونحن لا نورد التبيين القصير جداً، فالقاعدة الخامسة تؤكد، بدون اثبات، انه في رسمتين متماثلتين، تكون الاطوال المتوافقة، مستقيمات او منحنيات، متناسبة، في حين ان المساحات تكون فيها بينها بنسبة مضاعفة لنسبة الاطوال. والقاعدة 6 تصرح بان زاوية المماس لمنحنى، ولوتر متلاشٍ، هي بذاتها متلاشية، وإلا لما كان للخط في النقطة المعبرة انحناء متتابع.

القاعدة VII - بعد وضع هذا، اقول ان النسبة الاخيرة بين القوس والوتر والمماس، فيها بينها هي نسبة مساواة. اذ فيها تقترب B من النقطة A، ننخل AB وAD عموديين حتى bd، في حين يظل القاطع BD موازياً لـ bd. نجر القوس Acb مشابهاً دائماً للقوس ACB. وعندما تطابق النقطة A والنقطة B فان الزاوية : dAb، سنداً للقاعدة السابقة، تتلاشى، والمستقيمان المتناهيان Ab وAd والقوس الوسط Acb تتوافق فيها بينها واذاً تكون متساوية. ولهذا يكون المستقيم AB وAD، والقوس ACB، المتناهية والمتناسبة معها، ذات صلات تنتهي عند المساواة.

هذه الامثلة تبين طريقة «الاسباب الاولى والاخيرة» التي وضعها نيوتن في مطلع كتابه المبادئ، حتى يتجنب طريقة القدماء الثقيلة والدقيقة، مع عدم استعماله اللامتناسبات التي قال بها كالفاليري Cavalieri. وهذه الطريقة الاخيرة، «ضعيفة الجيومترية»، و«صعبة التصديق».

نلاحظ مع ذلك ان نيوتن Newton ظل اميناً في المبادئ، عند تحديد جاذبية الكرة مثلاً على جسيم صغير، ظل اميناً للتجميع المباشر عند حساب متكامل معين. بل انه استعمل لغة شبيهة بلغة اللامتناسبات، ذلك انه اعتبر نفسه محولاً استعمال قواعده. ورغم رفاقة هذه الاساليب النادرة، فقد ظلت تعتبر لمدة طويلة معيبة في عمل العالم الكبير. الا ان شال Chasles دافع عنها في كتابه «نظرة تاريخية» مؤمناً بحق في تفوق بعض الاساليب الهندسية المباشرة على الاساليب التحليلية واليوم يمكن تكريم نيوتن كسباق في الحساب التوجيهي وفي الجيومترية اللامتناهية الصغر والمباشرة.

لينيئز - Leibniz ترك الفيلسوف الكبير والرياضي يتكلم. كتب في رسالة وجهها الى جاك برنولي Jacques Bernoulli في (نيسان 1703): «عندما جئت الى باريس 1672 كنت جيومترياً تعلمت على نفسي، انما قليل التجربة، ينقصني الصبر في مراجعة البيانات الطويلة. وحينما كنت طفلاً

درست الجبر الابتدائي على شخص اسمه لوزيوس Lanzius، ثم درست كلافيوس Clavius، أما جبر ديكارت Descartes فقد بدا لي صعباً جداً. ويذا لي اتي امتلات بثقة فيها جرأة بنفسي. فقد كنت انجبر على مطالعة كتب اعظم مثل كتاب الهندسة لكافاليري Cavalieri، وكتاب عناصر الخطوط المقوسة للمؤلف ليوتود Léotaud، بعد ان عثرت عليه عرضاً في نورنبرغ Nuremberg. وارتد ان اسبح لوحدي بدون معلم... وضعت لنفسي عندها حساباً هندسياً يعبر عن المتغيرات، بمربعات ومكعبات، دون ان اعلم ان فيات Viète وديكارت Descartes قد عالجا هذه المسألة بافضل مني. وفي هذا الجهل الكبير للرياضيات، لم اركز انتباهي الا على التاريخ والحقوق، مكرساً نفسي لدراستهما. الا ان الرياضيات كانت تعطيني تسلياً الذ. فقد كنت احب بصورة خاصة تعلم الآلات والتعرف عليها واختراعها. وفي هذه الحقبة اكتشفت آتني الحسابية. وفي هذا الوقت ايضاً قدم لي هويجنس Huygens الذي اعتقد، حسب ظني، أني أكثر قدرة مما أنا عليه، نسخة صدرت حديثاً عن «الرقاص». وكان في هذا بالنسبة الى بداية او فرصة لدرس جيومتري اكثر عمقاً. وفيما كنا نتحدث، بين لي انني لا امتلك فكرة واضحة عن مركز الثقل النوعي؛ وفسر لي ذلك بكلمات قليلة واضاف ان ديتونفيل Dettonville اي (باسكال) Pascal قد احسن معالجة هذه المسألة. ولما كنت انساناً مطيعاً الى اقصى حد، وانني في اغلب الاحيان، وفي ضوء بعض الكلمات من رجل عظيم، استمدت موضوع تأملات لا تنتهي، ادركت بسرعة قيمة نضائح الرياضي الكبير، لأنه سهل علي ان ارى كم كان هويجنس Huygens عظيماً. وخجلت من جهلي هذا الشيء وارتدت بهجدية دراسة الجيومترية، وطلبت ديتونفيل Dettonville الى بيو Buot وكذلك غريغوار سان فنانان Grégoire de Saint Vincent الذي كان موجوداً في المكتبة الملكية. وبدون تأخير درست هذه الكتب وهذه الزوايا التي اخترعها فنانان Vincent واكملها بسكال Pascal. ورأيت بلغة هذه الملخصات والمجاميع والمجسمات التي تنشأ عنها، وتبيناتها. كل ذلك كان يعطيني الانس اكثر مما كان يعطيني من الانتاج. وكنت على هذه الحال عندما وقعت صدقة علي بيان ديتونفيل Dettonville، السهل جداً في مجاله... ولكن كم كانت دهشتي ان ارى أن باسكال Pascal وكأنه مغمض العينين بقدرته قادر: لأنني رأيت حالاً ان قاعدته يمكن أن تطبق عموماً على كل المنحنيات، رغم أن العواميد لا تلتقي عند نقطة واحدة.

ودخلت في الحال الى هويجنس Huygens الذي لم اكن قد رأيته منذ زمن وقلت له اني اتبع نصائحه، واني اعتمدت الى شيء جهل باسكال Pascal وعرضت عليه قاعدتي العامة حول تقويم المنحنيات. فاطهر العجب وقال لي ان هذه هي بالضبط النظرية التي ارتكزت عليها بناءاته لايجاد مساحات الكونويد البارابولي الاهليلجي والايروبي. واضاف ان روبرفال Roberval وبوليوي Bouillau قد عجزا عن اكتشافها. وبعد ان امتدح تقديمي... اقترح علي ان ارجع الى ديكارت Descartes وسلوز Sluse اللذين يعلمان أسلوب وضع المعادلات المحلية، وهذا برأيه مريح للغاية. وإذا فقدت عدت الى تمحيص كتاب الجيومتريا لديكارت Descartes وأضفت اليه كتاب سلوز Sluse، متخصصاً في الجيومتريا من خلال باب الخروج. وقد حفزني النجاح والكمية الرائعة من المواد التي

أخذت تتولد امام عيني . وكتبت بذات السنة بضع مئات من الصفحات ، وقسمت عملي الى قسمين ، القابلة للتخصيص وغير القابلة للتخصيص او المعينة وغير القابلة للتعين . في المعينات الحققت كل ما اشتقته من المضادر التي استقى منها كافاليري Cavalieri وغولدين Guldin ، وتوريشلي Torricelli وغريغوار سان فانسان Grégoire de Saint - Vincent وباسكال Pascal ، مقتطفات المقتطفات او مجاميع المجاميع ، والانتقالات . . والاسطوانات المتصورة . . . أما غير المعينة فالحقت بها كل ما حصلت عليه من استعمال هذا المثلث الذي سميت به بعد ذلك المميز ؛ واستخرجت اشياء اخرى مماثلة . وبدا لي ان هويجنس Huygens واليس Wallis كانت لهما الاسبقية بالفكرة الأولى . وبعد ذلك بقليل ، وقع بين يدي جيومتريا جيمس غريغوري James Gregory . فرأيت فيه نفس الفن (وان كان غامضاً بفعل تبينه وفقاً للأسلوب القديم) ؛ واخيراً قرأت بارو Barrow ، ووجدت فيه مختصراً للمقسم الاعظم من قواعددي . ولم أتاثر لاني رأيت في ذلك لعبة ، حتى بالنسبة الى جديد ، تعلم هذه المعلومات وحذفها مرة واحدة . ثم رأيت انه توجد اشياء اعلى ايضاً ، ولكن من اجل تفسيرها ، لا بد من طريقة جديدة في الحساب . وعندها صنعت تربيعي الحسابي واشياء اخرى مشابهة استقبلها الفرنسيون والانكليز بخماسة . ولكي لم اجد هذا العمل جديراً بالنشر . لقد شُبت من هذه السخافات ، عندما رأيت المحيط ينكشف امامي . وتعرف جيداً كيف حصلت الاشياء فيها بعد ورسائلتي التي نشرها الانكليز بانفسهم خبر دليل على ذلك . »

ويقدار ما كان ليبنز Leibniz تلميذاً لأي أحد فهو قبل كل شيء تلميذ هويجنس Huygens الذي سدد خطواته الأولى وهو بقرامته تلميذ كل الجيل الذي سبقه انه تلميذ كافاليري Cavalieri كما هو تلميذ غريغوار سان فانسان Grégoire de Saint - Vincent ، وتلميذ ديكارت Descartes وسلوز Sluse ، وباسكال Pascal وغريغوري Gregory وبارو Barrow . والكاتب الوحيد الذي خلص منه في تلك الحقبة هو فرمات Fermat . ولكن هويجنس Huygens مشبع بأفكار فرمات كما هو مشبع بأفكار ديكارت Descartes أو غاليليه Galilée .

ومهما يكن من امر ، استخرج ليبنز Leibniz بوضوح مبادئ الحساب التفاضلي ، واوجد ترقبياً ممتازاً (وقد كان هويجنس Huygens ترقيم فيها خصص متناهيات الصغر من الدرجة الاولى ، ولكنه لم ينشر ترقيمه) . وعرض ليبنز اللوغاريتم المقابل ، وحدد هوية المسألة المعكوسة للمماسات وماهاها مع مسألة التكامل . وبهذه الطريقة تم تأسيس الحساب التكاملي والتفاضلي .

عرضت افكار ومفاهيم ليبنز Leibniz في مذكرتين نوفا ميتوديس Nova methodus . . . (اكتا اريدوتوروم Acta eruditorum 1684) وه جيومتريسا ريكونديتا De geometria recondita . . . (اكتا اريدوتوروم ، Acta eruditorum 1686)

ونجد في الكتاب الاول الطريقة لتفريق كل نوع من الكميات العقلانية الجذرية ، وغير الجذرية ، الكاملة او الكسرية . وطبق ليبنز Leibniz طريقته على مسألة فرمات Fermat حول مسار شعاع ضوئي بين مكانين مختلفين ، واثبت ان منحني ديوم de Beaume ينقلب الى اللوغاريتمية . وفي الكتاب الثاني عرض القواعد الاساسية لحساب التكامل .

ولكن بعد 1675، كما تذكر أوراقه أصبحت ترقيماته ومبادئه ناجزة. وفي رسالة إلى الأب كونتي Conti، كتب يقول :

« كنت جديداً على هذه المواد، ولكني سرعان ما اكتشفت طريقي العامة من خلال سلاسل عشوائية، وأخيراً دخلت في حساباتي التفاضلية، حيث ساعدتني ملاحظاتي أثناء صغري حول الفروقات بين سلاسل الأرقام على فتح عيني. لأنني لم أصل عن طريق تشابك الخطوط، بل عن طريق الفروقات بين الأعداد، باعتبار أن هذه الفروقات إذا طبقت على المقادير التي تتزايد باستمرار، تتلاشى إذا قورنت بالمقادير المختلفة بدلاً من أن تبقى ضمن الأعداد (لأن الأعداد تنقص أو تنقص بفقرات). واعتقد أن هذه الطريقة هي الأكثر تجليلاً، ذلك أن الحساب الجيوميتري للفروقات والذي هو نفس حساب التفاضلات لم يكن إلا حالة خاصة في الحساب التحليلي للأرقام عموماً. وهذه الحالة الخاصة تصبح أكثر سهولة بفعل التلاشي ».

وربما كان كتاب لينز إلى جان برنولي Jean Bernoulli أكثر تعبيراً عن أسلوبه فقد كتب له جان برنولي يجبره عن اكتشاف سلسلة، ليست في عمقها إلا كتابة أخرى للسلسلة تايلور. وقد عرض برنولي في رسالته سلسلة حصل عليها بواسطة طريقة قريبة من التكميل بالاجزاء وفيها :

$$\ln x = nx - \frac{1}{1.2} \frac{dx}{dx} + \frac{1}{1.2.3} \frac{d^2x}{dx^2} - \frac{1}{1.2.3.4} \frac{d^3x}{dx^3} \text{ etc.}$$

وبين 6 - 16 كانون أول 1694 أجابه لينز بأنه تأمل في باريس، أعمال دتونغيل.

نفترض سلسلة متناقصة : $a, b, c, d, \text{ etc.}$
 إن فروقاتها الأولى هي : $a, f, g, h, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الثانية : $i, m, n, o, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الثالثة : $p, q, r, s, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الرابعة : $t, u, v, x, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الخامسة : $\beta, \gamma, \delta, \theta, \text{ etc.}$

$$a = e + f + g + h, \text{ etc.} = 1 i + 2 m + 3 n + 4 o, \text{ etc.} \\ = 1 p + 3 q + 6 r + 10 s, \text{ etc.} = 1 t + 4 u + 10 v + 20 x, \text{ etc.}$$

ومن جهة أخرى :

$$e = s; f = 1 e - 1 i; g = 1 e - 2 i + 1 p; h = 1 e - 3 i + 3 p - 1 t$$

وهكذا دواليك.

فاذا وضعت هذه القيم في : $a = e + f + g + h, \text{ etc.}$ يأتي :

$$a = 1 e \\ 1 e - 1 i \\ 1 e - 2 i + 1 p \\ 1 e - 3 i + 3 p - 1 t \\ 1 e - 4 i + 6 p - 4 t + 1 \beta \\ \text{etc.}$$

الفسحة الواقعة بين المستقيمين AP و PM والقوس AM. (صورة 22) .

المسألة 1 - من المؤكد ان الفرق في كمية ثابتة معدوم أو يساوي صفراً (أو أيضاً) ان الكميات الثابتة ليس لها فرق .

تنبيه - نستخدم فيما بعد الإشارة أو الميزة d للتدليل على فرق كمية متغيرة نعبّر عنها بحرف واحد . ولتفادي الأبهام فإن هذه الملاحظة ليس لها استعمال آخر في تنمة الحساب هذا . وإن سمينا مثلاً المتغيرات : z, AM, y, PM, x, AP ؛ وسمينا القوس AM, u ، والفسحة الواقعة بين الخطوط s, AMP ، والقطعة الوتر t, AM ؛ عندها تعبّر dx عن قيمة Pp و dy عن قيمة Rm و dz عن القيمة Sm و du عن قيمة القوس الصغير Mm و ds عن الفسحة الصغيرة $Mppm$ و dt عن الثلث الصغير MAM .

I - المطلوب أو الافتراض - المطلوب امكانية تبادل ، دون فرق، كميتين لا يختلفان فيما بينهما ، الا بفارق متناهي الصغر : أو (ما يعني الشيء نفسه) بكمية لا تزداد ولا تنقص الا بكمية أخرى متناهية الصغر بحيث تظل الأولى تعتبر وكأنها هي . يُطلب، مثلاً، اذا كان بالامكان اخذ Ap مكان AP و pm مكان PM والفسحة Apm وكانت الفسحة APM ، والفسحة الصغيرة $Mppm$ مكان المستطيل الصغير $PMPp$ والقطعة AMm مكان الثلث الصغير AMS والزواية mAp مكان الزاوية MAP ، الخ .

II - مطلب أو افتراض - المطلوب امكانية اعتبار خط ما وكأنه تجمع عدد لامتناهٍ من الخطوط المستقيمة ، كل واحد منها متناهي الصغر (أو ما يعود الى نفس الشيء) كأنه متعدد الاضلاع ، ذو اضلاع لا متناهية العدد، كل ضلع منها متناهي الصغر، وهذه الخطوط تشكل ، عن طريق الزوايا الموجودة بينها ، انحناء الخط . ويطلب على سبيل المثال، ان يكون الجزء من المنحني Mm وقوس الدائرة MS معتبرين كخطوط مستقيمة يسبب تنامي صغيرهما، بحيث يكون الثلث mSM وكأنه مستقيم .

الملفت بالدرجة الاولى هو السمة الملموسة والجيومترية ، لهذا التصور الاول للحساب التفاضلي ولم يكن لـ Leibniz قد توصل بعد الى استخراج المفهوم المجرد للوظيفة (العلاقة) . وقد توصل اليه بعد ذلك بقليل مع جان برنولي Jean Bernoulli، وكان هذا احد اجمل عناوين مجدهما . رغم ميل البعض الى تنامي هذا الامر .

ونلاحظ فيما بعد الطلاقة، في عرص المطالب . فالجيل السابق قد اوضح ورتب كل هذا ، بشكل صالح في أغلب الأحيان ، ولكنه تردد أمام التأكيد العام المطلق . وبالنسبة لـ ليبنز نجدنا في مواجهة وقائع مكنية بما فيه الكفاية بحيث يمكن اخذها كنقاط انطلاق دون الاضطراب حول تبريرها الذي يتم بصورة لاحقة ، من خلال نجاح المنهج

وقد اقر ليبنز Leibniz في اول الامر بمجاميع وحاصلات ضرب وقسمة . ففيا خص حاصلات الضرب ثم وضع :

$$(x + dx)(y + dy) - xy = ydx + xdy + dxdy$$

ثم لا يحتفظ الا بالحددين الاولين اذ كما يقول لويبتال L'Hôpital ، $dxdy$ هي كمية متناهية الصغر بالنسبة الى بقية الحدود او العناصر . ومن اجل التفريق بين حاصل قسمة $z = y/x$:

$$dx = xdy + ydz; \quad dz = \frac{dx - xdy}{y} = \frac{ydz - xdy}{y^2}$$

وكذلك تفرق المتقلات x^m وفيها يكون m غير محدد .

ويتوقف الغوريم الحساب التفاضلي هنا . وهذا يكفي لرسم للمماسات ، مماسات المنحنيات ، ثم العثور على الحدود القصوى والدنيا وعلى نقاط الالتقاء او الارتداد ، والتراجعات ، وعلى المتطورات ، وعلى سطوح الاحراق بفضل الانعكاس ، وعلى التكسر وعلى الغلافات .

ونشير فقط الى تعريف الفروقات ذات المراتب العليا : « يسمى القسم او الحصة المتناهية الصغر التي يتزايد فرقها بالنسبة الى كمية متغيرة ، او يتناقص باستمرار ، « فرق الفرق » بالنسبة الى هذه الكمية او يسمى فرقها الثاني » . وهي تحمل عنوان او رمز ddx ، اما الفرق الثالث فيسمى $dddx$ الخ .

ومنذ بدأ ليبنز Leibniz في البحث ، حدد ماهية المسألة المعكوسة ، مسألة المماسات ، وسواها بالترتيب او بالتكامل . وتصوره او مفهومه للحساب التفاضلي ، جره الى هذا مباشرة . اما مسألة المماسات فقد جرده الى مراقبة « المثلث المميز » الذي تتألف ضلوعه الثلاثة من فروقات : فرق السينية dx ، وفرق الصادية dy ، وفرق القوس ds . اما المسألة المعكوسة فتقوم على الصعود من الفروقات الى العلاقات (Fonctions = دالات) . ولكن العملية المعاكسة في البحث عن الفروقات هي عملية المجاميع .

كتب يقول : « هذه الطريقة او الحساب التفاضلي ، يستخدم في الفروقات كما يستخدم في المجاميع التي هي عكس هذه الفروقات تقريباً ، كما ان الحساب العادي لا يستخدم فقط في المتقلات بل يستخدم ايضاً في الجذور التي هي عكس المتقلات (Puissances) » .

وكتب لويبتال L'Hôpital بنفس المعنى : « قاعدة : - اذا كان هناك عدد ما من الكميات a, b, c, d, e الخ . سواء كان هذا العدد متناهياً او لا متناهياً ، وسواء كانت هذه الكميات خطوطاً أم مساحات أم مجسمات ، فالجميع : $a - b + b - c + c - d - e$ الخ ، المؤلف من فروقات هذه الكميات يساوي الكمية الكبرى a - الكمية الصغرى e ، او يساوي ببساطة اكبرها ، عندما تكون الصغرى صفراً . وهذا امر واضح » . (تحليل الكميات المتناهية الصغر مادة 96) .

ولكن التجميع او الحساب التجميعي هو طريقة اللامتقسمات لدى الاجيال السابقة ، وهو ايضاً

حساب المساحات والأحجام. ولكن تطور الأفكار برز بوضوح عندما فضل جاك برنولي Jacques Bernoulli، حوالي سنة 1690، استعمال عبارة « الحساب التكاملي »، وذلك لكي يبين أنه في هذا الحساب، يتم البحث عن الكل انطلاقاً من الفرق أو من القسم. وهذا يعني تقديم مسألة المماسات المعكوسة على مسألة التريبع. فضلاً عن ذلك يبدو التفریق في نظر ليبنيز Leibniz وكأنه العملية الأولى، والأبسط، والممكنة دائماً، ذلك أن التكامل لا يمكن أن يحصل بصورة دائمة.

«... بما أنه من غير الممكن دائماً استخراج الجذور فعلياً من أجل الوصول إلى المقادير لجذرية في الحساب العام، فإنه من غير الممكن كذلك إعطاء المجاميع أو التريبعات من أجل التوصل إلى المقادير المادية أو الجبرية في التحليل المشترك. ولكن عن طريق السلاسل غير المنتهية يمكن دائماً التعبير عن مقادير مكسورة كما هو الحال بالنسبة إلى الأعداد الصحيحة، والتعبير عن المقادير التي لا يمكن حصرها، بالجنريات، والتعبير عن المقادير التجاوزية بالمقادير العادية».

واسلوب التكامل لم يعد هو الجمع المباشر، بل اسلوب «إجمالي شامل» بحسب تعبير جورج بوليغان G.Bouligand، ويستنتج من جدول بالفروقات، محسوبة مباشرة، بعد القراءة المباشرة، جدول للمتكاملات. وتتيح التغيرات الجبرية المستوحاة من اساليب ديوفانت Diophantiennes، وذلك في الحالات المناسبة، إرجاع حسابات المتكاملات المقترحة، إلى قراءة هذا الجدول. وعندما لا تتجبع التلمسات وفقاً لهذه الطريقة، تغير الدالة أو العلاقة المقترحة إلى سلسلة كاملة ينتج الجدول فجهاً حاداً أو عنصراً عنصراً. وعلى هذا وخلال القرن الثامن عشر انتقل التجميع المباشر، أكثر فأكثر إلى المرتبة الثانية، إذ أن تكامل الرياضيات في تلك الحقبة كان بصورة أدق دالتنا الأصل.

ومن الغرابة أن ترقيم ليبنيز، $\int f(x)dx$ ، بقي معمولاً به وهو ترقيم يذكر، بالمناسبة بالتجميع المباشر لعدد غير محدود من أعداد لا متناهية الصغر.

ومن أجل تمييز مدرسة ليبنيز باختصار نقول أن الرياضيين الذين شكلوها يستعملون بمهارة ألفغوريتم شلبيد الإيجاء، وهم يأخذون بالمقارنات وكذلك بالإيجاءات التي يوصي بها هذا الألفغوريتم. وظهرت الطريقة خصبة جداً ولكن أسسها تحتاج إلى إعادة نظر جديّة. تألفت المدرسة على يد مؤسسها ليبنيز من جاك برنولي وجان برنولي ومن لوبيتال. وقد مكن فكر ليبنيز التثبيتيّ - ثم استخدامه لمجلته «أكتا إرويديتورم»، وغزارة وخصب الأخوين برنولي، وإناقة نثر لوبيتال، - هذه المدرسة من أن يكون لها تأثير كبير على الفكر الرياضي.

وبالإجمال يعتبر نيوتن ولبنيز المخترعين للتحليل المتناهي الصغر الحديث. وقد عرفاً معاً مباشرة من معارف الجيل السابق. ولكن الرغبة في الدقة غلبت على نيوتن. ووجد ليبنيز التفرقيم التفاضلي: dx, d^2x, d^3x, \dots ، وهو ترقيم إجمالي من بعض الجوانب، وقد ساد خلال القرن الثامن عشر. إلا أن ترقيم نيوتن حيث يلعب منهج التفاضل دوراً أساسياً، هو الأقرب إلى ترقيمات وقتنا الحاضر.

لقد اعطى ليبنيز للمتكاملة التقييم التالي $\int f(x)dx$ الذي يذكّر بالحساب المباشر عن طريق الجمع وهو حساب الاقدمين ، كما يذكر بمنهج اللانقسامات .. ولكن الامر يتعلق ، كما تذكر بذلك كلمة تكامل - بما نسميه بدائية ، او دالة يجب تحديدها بعد ان عرف تفاضلها ، وهذا بالضبط مماثل تماماً ، لما هو عند نيوتن [x] التي تساوى الدافقة Fluente التي يساوي دقتها x .

والطريقتان تستخرجان من الجيومتريا فنتهيان الى التحليل المجرد في القرن الثامن عشر ، والذي ساد فوق القارة ، حتى قيام مدرسة مونتج .

لقد طغى على حساب ليبنيز ، وكذلك على حساب نيوتن المسار الهندسي . ولم يتحرر منه الا بصورة تدريجية . واخيراً يستعمل المخترعان السلاسل في تكاملاتها بصورة منهجية .

وقد استعمل نيوتن مناهجه ، سواء في مظهرها التحليلي ام في مظهرها الهندسي ، من اجل حل المسائل الفيزيائية الرياضية والفلكية . وقد وسع ليبنيز والاخوان برنولي المسألة المعكوسة في المماسات واستخرجوا منها حل المعادلات التفاضلية او التفاضلية .

ومتابعة دراستنا تقتضي مباشرة مرحلة جديدة هي القرن الثامن عشر . وقد فتحها الخصمان الكبيران ، كما أغلقا! بالتمجيد تاريخ الرياضيات في عصر يستحق هنا كما في مجالات اخرى بان يلقب بالقرن العظيم .

الفصل الثاني : ولادة علم جديد : الميكانيك

في فجر القرن السابع عشر اثار علم الميكانيك بحوثاً سوف تساعد على تكوينه بحلول القرنين
اللاحقين كعلم حق . نمط من بناء عقلائي لظواهر خاصة ، او نموذج سوف يستخدم لسلاسل اخرى
من الظواهر . هذا العلم الجديد رأى النور مع غاليليه وتضمن بصورة اساسية ، مع قوانين سقوط
الاجسام ، حل مسألة حركة القذيفة في حال انعدام المقاومة في الوسط . والمسألة وحلها كانت اساسية
لاكتشاف منهجية علمية حقاً ، ولكن ، عند البحث عن لغة جديدة مناسبة ، كان العلم الجديد ما يزال
ضعيفاً : ومن الجدير توضيح قواعده الاولى ، ومفاهيمه ومبادئه ، ثم تفسير قوانينه العامة . ثم تطبيقها
على انظمة النقط وعلى الاجسام الجامدة ، ثم توسيعها لتشمل حركة الاجرام السماوية ثم من اجل
خلق ميكانيك في الاوساط المتتابعة المستمرة بواسطة الهيدروديناميك او التحريك السوائلي . تلك كانت
مهمة القرن 17 والقرن 18 . مهمات ضخمة لا نستطيع نحن الا رسم خطوطها الكبرى⁽¹⁾ .

I - غاليليه وتأثيره

ان الهدف الاول من هذه الدراسة هو تبيان العناصر الرئيسية لعمل غاليليه في الميكانيك .

ان التحليل الذي قام به آ . كويري A.Koyré لكتاب : « موتوليري X » De motu Libri X
لمؤلفه ف . بوناميكو F.Bonamico ، استاذ الفلسفة في بيزا Pisa ، يوم كان غاليليه يدرس فيها ، يتيح
فهم المناخ المشجع بالمدرسية ، والذي اتصل فيه غاليليه بالعلم . وكتبه الاولى ، وبصورة خاصة
دراسة لكتاب « دي موو » De motu مكتوبة في بيزا بين 1589 و1591 ، تحصل أثراً واضحاً لهذه
المدرسية . أشار غاليليه الى التشبه ، بين الحديد البعيد عن النار ، والذي يصود بصورة تدريجية الى
برودته الطبيعية وكذلك الى « الصفة الصوتية » التي يكتسبها الجرس المقروع ، والتي تنطفئ قليلاً

1 - لقد توفي ريني دوغاس René Dugas ، مؤلف الفصول المتعلقة بالميكانيك في القرن 17 وفي القرن 18 ، قيل ان يتهمي
تماماً النص الذي كتبه ، ولذلك تولى الاب كوستابل P.Costabel اكماله ، كما تولى مراجعته في الطبعة الثانية .

قليلاً وكأنها تصادم الصمت الطبيعي للجرم ، ويعتبر غاليليه الحركة كقوة مطبوعة تضعف بصورة تدريجية في القذيفة التي انفصلت عن محركها .

ولا يكفي ان نقول انه اعتمد نشأة الكون صفات ومشايات ضعيفة مأخوذة عن الفيزياء الارسطية . وهذا الاخذ لم يحط من قيمته بل بالعكس رفع منها . ولكي يراجع أحكامه ويكون نظرة جديدة تجاه المصاعب وتجاه التناقضات لم يكتفِ غاليليه بتتبع إجماعات عبقريته بل اضطر الى مقاومة التكوين العلمي الذي نشأ عليه .

وكتابه « الحوار بين النظامين الرئيسين للعالم » ، نظام بطليموس Ptolémée ونظام كوبرنيك Copernic ، المنشور في فلورنسا سنة 1632 يدل على اكتمال الطريق الفكري الذي اجتازه غاليليه . كتب هذا الكتاب باللغة الدارجة بحيث يفهمه جمهور اوسع ما يكون ، وبالاسلوب الاجمل ، اي بشكل حوار بين ثلاثة شخصيات اصيحت كلاسيكية : سمبليسيو وهو حامل التراث وسالفاتي Salviati المصلح الحاد ، ثم ساغريدو Sagredo الرجل المثقف ذو الحس السليم المعتدل . ويهدف الكتاب بدون شك الى قيادة القارئ عبر مساعي المؤلف ، لاقناعه بصورة جيدة . ولكنه لا يسمح بقياس كل تجارب فكر سماع الى الحقيقة . وهذا لا يمكن ان يكون الا نتيجة دراسة طويلة تناولت مصادر ثقافة واسعة جداً .

سقوط الاجسام - على فم سمبليسيو Simplicio اكد المدرسون : ان السبب في الحركة النازلة لاجزاء الارض ، كما يعلم الناس جميعاً هي الجاذبية « ويرد سالفاتي Salviati : انت تحطى يا سمبليسيو Simplicio . عليك ان تقول : ما لا يجهله احد ، هو ان هذا السبب يسمى جاذبية . ولكن لا اسالك عن الاسم ، بل عن جوهر هذا الشيء . وباستثناء الاسم المقروض على هذا الشيء ، والذي اصبح مألوفاً بالاستعمال ، نحن لا نفهم اي شيء عن هذا الشيء ، ولا عن القوة التي تجعل الحجر يسقط ولا عن القوة التي تحمل الحجر المقلوب نحو الاعلى ولا عن القوة التي تحرك القمر في مداره » .

هل كان غاليليه يشك ، في هذا النص التنبؤي ان ظاهرات ذات مظاهر يمثل هذا التنوع ، تربطها بنية واحدة ، الامر الذي شغل اساس بحث نيوتن Newton ؟ الامر المؤكد هو ان غاليليه قد فهم مساوى المنهج المرتكز على الاسماء وانه وجد الوسيلة في ابراز تناقضاته .

كان سمبليسيو Simplicio مثل كل الناس في اواخر القرن السادس عشر يعتقد انه اذا ثقبنا الكرة الارضية بحسب قطرها ، ورمينا كرة في هذا الثقب ، فان الكرة تصل الى مركز الارض بموجب قانون طبيعي داخل الارض فاذا وصلت الى المركز فانها تتابع حركتها .

« ولكن سالفاتي Salviati اجابه ان الحركة وراء مركز الارض ، لا تكون صاعدة ، وسنداً لتأكيداتك ، لا تكون عنيفة وضد الطبيعة ؟ وفقاً لاي مبدأ سوف تجعلها عكسومة الا للمبدأ الذي يجعل الكرة تنزل نحو مركز الارض والتي تسميها انت داخلية وطبيعية؟ » .

كان غاليليه يعرف اذًا ان لا فرق بين « الثقل » و« الخفة » وان سقوط الاجسام والحركة الصاعدة في القذائف المقذوفة نحو الاعلى يجب ان تفسر وفقاً لذات القانون الاساسي . وتأرجحات الرصاص ، وقد تأمله كثيراً ، دلته على ان الحركة نحو الاعلى هي ردة فعل معكوسة للحركة نحو الاسفل . فضلاً عن ذلك لقد دحض من مدة بعيدة الاطروحة الارسطية حول استحالة الفراغ واكد في كتاب « دي موت » De motu الذي سبق ذكره انه في الفراغ يمكن تبين حقيقة سمات الثقل النوعي والحركة . واخيراً وبعد 1604 (رسالة الى بولوساربي) Paolo Sarpi اكد قانون السقوط الذي ظل طيلة قرن حتى قبل : ان المسافات المقطوعة في ازمة متساوية هي مثل الاعداد المقردة بعيدة عن الوحدة . وتحسك هذا القانون بناء على تجارب كررها مئة مرة كما قال فيما بعد في كتابه (ديسكورسي Discorsi . . . ، ليد Leyde ، 1638) . نقول بثقة اكبر ان النتائج التجريبية اعطته فكرة هذا القانون وانه عرف كيف يحزو الى مقاومة الهواء الانحرافات بالنسبة الى القانون المثالي اي الى قانون السقوط الحر في الفراغ .

وموقفه تجاه موضوع السقوط كان جديداً تماماً ، ويتضمن عناصر ثورية علمية . لقد سبق لارسطو ان قال ان الجسم الساقط تسارع سرعته ، ولكنه استسلم لتفسير سببي ونوعي بأن واحد : وقد جرى الامر كذلك لان المتحرك يجب ان يعود بأسرع ما يمكن الى مكانه الطبيعي . أما غاليليه فلم يطمئن الى التمييز بين الحركات الطبيعية وغير الطبيعية ، ورفض التعرف على الاسباب الغامضة والتي لا يمكن تحقيقها . وشاهد الحركة التسارعة في السقوط ، فأدرك قانون مسافاتها بحسب الزمن المنصرم واراد ان يعرف كيف يمكن استخلاص هذا القانون الكمي ، منطقياً ، من نسبة رياضية بسيطة . هناك فرق جلدري في المناخ .

ولكن غاليليه امضى وقتاً طويلاً حتى اكتشف تماماً هذه النسبة الرياضية البسيطة . ووضعها أولاً بين السرعة وارتفاع السقوط الامر الذي اقتضى جره الى قانون للمسافات مختلف تماماً عن القانون الذي يتوجب عليه تنبيه . وان هو توصل الى هذا التبين فما ذاك الا بعد اخطاء كثيرة . ولكنه تميز بانه استطاع ان يدرك بصورة تدريجية التصحيحات الواجبة ، واستطاع ايضاً ان يتخلص من تلقاء نفسه ، من مهزلة الاخطاء التي وقع فيها . وتوصل الى حل نهائي وصحيح : ان السرعة تتزايد مثل الزمن ، وهي لا تكشف سبب الجاذبية الارضية ، ولكنها تميز كمياً ، بحسب تعبيره هو ، « الاستعمال » البسيط جداً للطبيعة ، في الحركة العامودية للاجسام المقذوفة نحو الاسفل او نحو الاعلى . وهذا الاستعمال هو تسريع ثابت .

حركة المقذوفات - في حين عجز المدرسيون والميكانيكيون في القرن السادس عشر عن معالجة حركة القذائف بصورة كاملة ، استطاع غاليليه ان يحل هذه المشكلة بتحليل ممتاز ظهر من خلاله ، مع مبدأ الجمود ، مبدأ اندماج الحركات ، واستقلالية مفاعيل القوى .

والنص الاساسي بهذا الشأن ورد في « ديسكورسي » Discorsi . فهو يؤكد ان متحركاً مقذوفاً على سطح افقي ، بغياض كلي عائق ، يتابع حركته المتسقة الى اللانهاية فيما لو كان السطح لا نهائياً . ولكن اذا كان السطح محدوداً ، وعندما يتجاوز المتحرك الخاضع للجاذبية طرف السطح « فانه يضيف

الى حركته الاولى الموحدة والمستمرة الشد نحو الاسفل « الذي هو من فعل الجاذبية . من هنا تنشأ حركة مركبة من الحركة الافقية ومن الحركة التسارعة النازلة ، وبين غاليليه ان مسار القذيفة هو بارابول . ويشير على لسان ساغريدو Sagredo ان التحليل يفترض ان تكون الحركتان المركبتان « بعد اختلاطهما لا تدمر احدهما الاخرى ولا تصابان بالاضطراب ولا تحد احدهما الاخرى . وأشار ايضاً على لسان سالفاتي Salviati بان مقاومة الهواء قد تغير المسار بالنسبة الى القذائف السريعة جداً مثل قذائف الاسلحة النارية .

يجب ان نشير هنا الى مقدار تعلق مبدأ الاستقلال المتبادل بين الحركات بالصعوبات التي اثارها نظام كوبرنيك Copernic . فاذا كانت الارض تدور حول نفسها فكيف نفسر عدم بقاء القذائف ، والعصافير والسحب « متأخرة » ؟ . . . هنا انحاز غاليليه بعزم الى تيار فكري متماسك ولكنه غير واضح . والتفسير المقبول الذي من شأنه ان يخفض الاعتراضات الارسطية ويفضح اوهام الحس السليم المزعوم ، هذا التفسير هو ان الجسم الطائر في الفضاء الارضي يشارك في حركة الارض ، وان هذه الحركة موجودة في هذه الاجسام ولكنها غير مرئية ، وهي بدون مفعول نسبي على الارض ، ولكنها موجودة بالتراكيب مع كل حركة تقوم بها هذه الاجسام بالنسبة الى الارض .

واذا كان مبدأ تركيب الحركات في استقلالها المتبادل قد وضع بوضوح وادرك بوضوح ، الى درجة انه لم يحتاج فيما بعد الى تصحيح اساسي ، فان الامر يختلف بالنسبة الى قانون الجرمود . وكما قال أ. كويري A. Koyré بحق ان غاليليه لم يستطع تصور جسم محروم من جاذبيته . وبالضبط ، ومن اجل استبعاد مفعول هذه الجاذبية فانه مضطر الى وضع الجسم فوق سطح افقي . ومع ذلك فمن الملحوظ تماماً انه عرف كيف يميز ، بعد التأمل والتجارب حول السطح المنحني ، حالة الجسم الموضوع فوق سطح افقي ، بعبارات تحمل معنى التجريدات والبدييات المستقبلية . ولما كانت نزعة الحركة القصوى بالنسبة الى جسم معين يتبع الخط العامودي ، تتضاءل مع تضائل السطح المتخذ ركيزة ، فان هذه النزعة تلتقي فوق السطح الافقي الذي يمنع التشارب من « المركز المشترك الذي تنزع اليه الاشياء الثقيلة » . وعمل هذا فالجسم الموضوع فوق سطح افقي « لا يتأثر بالحركة وبالسكون وليس له بذاته اي ميل للتحرك بأي اتجاه ، وليس له اية مقاومة ضد اية حركة » . هذه الابلالة تجعل من الجسم المتحرك محروماً من اي سبب يجره على التوقف او على تغيير حركته . وبهذا تبقى الحركة متنسقة .

وعلى العموم. يثبت الحل الذي نادى به غاليليه بشأن حركة القذائف ، مبادئ اساسية وصيغة تتضمن تطورات جديدة . فهي تمثل هذه الحركة وكأنها تتضمن بذاتها ، وبشكل عجيب الحركتين البسيط: الحركة الموحدة العارية من القوة ، والحركة المتصاعدة السرعة حيث تعمل الجاذبية الارضية بتسارع ثابت . ولكن بالضبط لأن غاليليه قد اهتدى الى الحركة الموحدة بفعل حيلة من شأنها ان تستبعد فعل جاذبية الارض ، فهو لم يستطع اطلاق قانون الجرمود هو : « النقطة المادية المعزولة هي في حركة مستقيمة وموحدة » .

تأرجح الرقاص - يريد التراث ان ينسب الى غاليلي اكتشاف تواقث التآرجحات في الرقاص

سنة 1583 وهو يتأمل اللبمات المعلقة في كاتدرائية بيزا. وفي ديالوغو Dialogo، اكد على التوافق التقريبي للرقاص ولكنه بدا مؤمناً بنسبية المدة مع طول الحيط (الزمن يكون اقصر، كما يقول، كلما كانت الدائرة المرسومة اقصر). والقانون الحقيقي لنسبية مربع المدة مع طول الحيط لم يظهر الا في سنة 1637، من خلال رسائله وقد عاد اليه في ديسكورسي Discorsi. وفي 1641، وقبل سنة من وفاته، أظهر غاليليه رغبته في تطبيق الرقاص على تنظيم ساعة ذات رقاص

هذه الوقائع كانت ذات مغزى : فهناك من جهة الاهتمام بموضوع قياس الزمن وهو موضوع اثار نتائج عملية، وجدد الافكار النظرية، وهناك ايضاً بروز نموذج : التآرجح الذي خرجت منه اعتبارات مشرة

وفيا خصص الارتباط بين الجاذبية وتآرجح الرقاص، اكتفى غاليليه بالإشارة في ديسكورسي، الى ان تقصير طول الرقاص البسيط عند مروره بالحظ المعامودي، وذلك بحشر مسمار؛ فإن الكتلة المتحركة تصعد رغم ذلك الى نفس المستوى .

وقد اعتبر هذه النتيجة كدليل وكحصيلة لهذا الطرح « الاكيد وهو ان « السرعات التي يكتسبها جسم نازل على سطوح مختلفة الانحدارات تكون متساوية عندما تكون ارتفاعات المساقط نسبة الى العامودي متساوية ». وعاد هويجنس Huygens فيا بعد الى هذا الطرح وأبداه : ان السرعة المكتسبة اثناء سقوط عامودي او فوق سطح منحدر، هي، في كل حين، السرعة التي تتيح، في الانجاه المعاكس، وبخلال اي مسار او مسافة، العودة الى نفس مستوى الانطلاق. وقانون سرعات السقوط الحر، وهي نسبة الجذر التربيعي لارتفاعات السقوط، يتيح هكذا دراسة حركة نقطة ذات ثقل فوق مطلق جانب وهذا يقتضي الاعتراف بان غاليليه قد فتح الطريق أمام هذا المكتسب المهم مكتسب أواخر القرن .

مقاومة المواد والهيدروستاتيك - ان مقاومة المعادن او المواد هي اول علم من علمين اراد غاليليه تأسيسهما حين كتب ديسكورسي. الا ان تقريره بهذا الشأن نافه لانه طرح فكرة التوتر الداخلي وقد بسط بما فيه الكفاية النظام، حتى لا تتدخل الفكرة الا ضمن علاقات شاملة عامة في حالة سكون خالص (ستاتيك) .

وفيا خصص الجسور المؤطرة التي يعتبرها وكأنها مؤلفة من خيوط غير قابلة للمط، والتي يريد ان يتجاهل تشبيهها تحت الحمل، لم تتميز العبارات التي يقترحها، من اجل لحظة الخسعة، الا بانها تزيد في تأثير العبء وتأمين تطبيقات عملية هي الى حد بعيد تحت الحدود الفعلية للتآكسار.

وكان غاليليه اقل توفيقاً بالنسبة الى الحلول التي يقترحها بالنسبة الى جانب جسر له نفس وذات المقاومة في كل جزء من اجزائه، وبالنسبة الى شكل خيط او سلسلة معلقة بين نقطتين . ان هذه الحلول التي تستخدم الباربول، هي حلول خاطئة، الا انها تتميز ايضاً بميزة هي انها تحفز التفكير نحو مواضيع سوف تشغل افكار الميكانيكيين، وسوف يكون لها في نهاية القرن تأثير شاحذ للذكاء المبكرين، مبتكري الحساب التفاضلي والمكامل في مجال التطبيقات التي سبقت تسميتها بالفيزيائية - الرياضية .

كان غاليليه، وهو يكتفي بالانطلاق من معطيات تجريبية يجهل التمديدية ويقتصر التحليل على تماسك الجوامد مفضلاً مقاومة الفراغ بين قسمين متلاصقين، هذه المقاومة التي تظهر من خلال صعوبة فصل سطحين صقيلين متماسكين.

ونجد ثانية، هذه المقاومة للفراغ، المنسجمة، تماماً مع مفاهيم عصره، في بعض عناصر الهيدروستاتيك التي تناولها غاليليه. وكان سالفياتي Salviati - وهو يفسر قول ساغريدو Sagredo حول الاستحالة التي يعرفها المتحرسون، استحالة مص الماء بواسطة مضخة الى ما فوق 18 ذراعاً - يتصور بهذا وسيلة لقياس حدود « قوة الفراغ ». وليس في هذا تقديم ضخم، ولكن ليس بالامكان التقليل من اهمية الدور الايجابي للخطوة التي تحققت نحو طرد الفكرة القديمة فكرة « الخوف من الفراغ ».

وفي معالجته لانبوب المص « سيفون » Siphon في ديسكورسو Discorso منشور في فلورنسا سنة 1612، يشير غاليليه ان كمية صغيرة من الماء محتواة ضمن اناء ضيق توازن كمية كبرى في اناء واسع لان انخفاضاً صغيراً في الثانية (الكبرى) يؤدي الى رفع كبير للاولى. وهنا رغم وجود سابقين له، ورغم انه يستعمل مبدأ توازن ذي منحنى ارسطي، فانه (أي غاليليه) قد سبق باسكال Pascal وذلك حين ركز على السبب الهندسي (الجيويمتري).

وفي النهاية، اذا كانت المجالات التي سبقت الاشارة اليها، لم تحقق بالنسبة الى مساعيه نجاحات حقة، فانه (أي غاليليه) ظهر من خلالها سباقاً نشيطاً حين عاجلها كرياضي، وهو بهذا المجال، بدا ذا تأثير ضخم.

عمل توريشلي Torricelli - كان توريشلي تلميذاً مباشراً لغاليليه، وقد اعطى سنة 1644، في فلورنسا، دراسة حول حركة الاجسام الوازنة حيث وسع ومنهج ديناميك كتاب ديسكورسي Discorsi لغاليلي. وهكذا ساهم في نشر افكار معلمه، مع اثبات اصالته الذاتية. وقد تناسى المشاريع الأخيرة عند غاليليه، فاثبت حكمه حول تساوي السرعات المكتسبة، طيلة مختلف الاسطح المنحنية، ضمن اطار نفس ارتفاع المسقط، وذلك مع ارتكازه على مبدأ اقترن باسمه: لا يستطيع جسمان مرتبطان فيما بينهما ان يتحركا تلقائياً، ما لم تنزل نقطة ثقلهما النوعي المشتركة. هذا المبدأ استعاده وعممه هويجنس Huygens فبدا على بساطته وبساطته، مفيداً ومثمراً للغاية.

وظل اسم توريشلي Torricelli مقروناً - ليس فقط بالتجربة البارومترية (تجربة ميزان الضغط الجوي) التي سميت من زمن باسكال، تجربة ايطاليا - بل ايضاً بول قانون كمي حول سرعان السائل عبر ثقب ضيق موضوع في القسم الاسفل من اناء. وقد اكتشف توريشلي هذا القانون بالمقارنة مع سقوط الاجسام، متصوراً ان السائل مقدوف نحو الاعلى، عند خروجه من الاناء، وانه يستطيع بلوغ المستوى الداخلي للاناء. وقد استحق من جراء هذا ان يعتبر البادئ في اوليات البحوث في مجال «الهيدروديناميك» (تحرك السوائل).

الاب مارين مرسين P.Marin Mersenne - بفضل الاب مرسين (ميكانيك غاليلي، باريس

1634) عرف عمل غاليليه، في الميكانيك -، وهو اقل توريطاً من كوسمولوجيته (علم الفلك) - الانتشار في فرنسا، وحتى في اوروبا، انتشاراً لم تكن شهرة صاحبه لتكفي من اجل تأمينه. والجميع يعرف الدور الجليل الذي لعبه هذا الكاهن الصغير كوسيط بين العلماء والفضوليين، والاهمية الضخمة لرسائله الغزيرة في تطوير العلوم .

كان مرسين ، قبل كل شيء مولماً بالتجارب من كل نوع، وقد اعطى على صعيد المبادئ ، ادلة عديدة على حنكته وبراعته . ولكن استقلالية فكره ظلت اكيدة ، وعلى هذا، ومع اعجابه الشديد بغاليليه وفيكارت فانه لم يظهر بمظهر المحاز ، لا لهذا ولا لذلك .

وعكف مرسين ، وقد ساورته الشكوك حول العقيدة الغاليلية فيما يتعلق بسقوط الاجسام ، نتيجة عدم إدراكه لميزتها العقلانية، بجذ ومثابة على التجارب العملية حول القانون الشهير. واستخدم تأرجحات الرقاص ، بهذا الشأن ، بشكل موفق جداً ، مع ربطها بالسقوط فوق سطح منحدر. ويفضل تجاربه حول مدات التأرجح اكشف مرسين ، وبدون تردد، قانون نسبة الجذر التربيعي لطول الرقاص، وهو القانون الذي اعلمته غاليليه بعد تلمس .

ولكن مساهمته الاصلية تتوقف عند تطور الميكانيك بالذات . لقد كان اقل الهاماً ، فلم يوفق في اعادة التجربة التي ذكرها غاسندي Gassendi حول دوران سطح تأرجح الرقاص ، او بالاحرى ، لقد ضلّ في تفسير الرقاص، فبحث في ظاهرة مدّ البحر وجزره ، راغباً في ملاحظة ما لا علاقة له ابداً بالموضوع .

غاسندي Gassendi - في سنة 1624 - شرع غاسندي بالشر، مبنياً اخطاء المدرسين، مقنناً استبعاد التلامذة باسم كلام « المعلم » . ولكنه سرعان ما التزم جانب الحذر « ساغياً وراء السلامة لنفسه » خاضعاً للظروف . ولكن هذا لم يمنع هذا الكاهن الجليل من ان ينصب نفسه مقرضاً لأبيقور Epicure وناهجاً نهجه في الحقل غير الديني .

ويشكل مغاير تماماً للعالم كما تخيله ديكارت ، بدا القضاء برأي غاسندي Gassendi مجرد قدرة على استقبال الكائنات ؛ وهذا الاطار هو بآني واحد ضخم ، غير متحرك، غير جسدي، وضروري . اما الزمن في فهم غاسندي فهو ايضاً غير محدود، وغير جسدي وغير مخلوق، وهو يمضي حتى بغياب أية حركة . في كل هذا بدا غاسندي طليعة مدرسة كامبريدج التي الهمت بدورها نيوتن .

توجد مادة اولى مشتركة بين كل الكائنات. وهذه المادة تقسم الى ذرات ملآنة وغير قابلة للاختراق . وشكل هذه الذرات متنوع جداً ، وهذا يني عن تنوع الأجسام في الطبيعة . والذرة ذات وزن ، أي أنها قابلة للتحرك بذاتها .

والحركة حدها غاسندي. وكانها مجرد الانتقال، من مكان الى مكان، عملية تكون غير ممكنة في عالم ديكارت المآلان . والذرات هي السبب الاول للحرك. وهذا يعني ان المادة بمفهوم غاسندي مزودة بنشاط كما سيكون بشكل آخر الهيويني عند ليبنيز Leibniz .

وحول مبدأ الجاذبية الأرضية بالذات ، يفصل كاسندي عن غاليليه : أن الجاذبية ليست خاصية تمتلكها الاجسام بالذات . انه جذب الارض هو الذي يخلق الثقل . وهذا الجذب قد يتقلب الى مادة بسلسلة من الجزئيات بين جسم ما والارض . وفقاً لاسلوب مستوحى من كبلر Kepler

وعلى صعيد الميكانيك الوضعي ، ويهدف دحض الاعتراضات الموجهة ضد حركة الارض ، اجرى كاسندي في عرض البحر من مرسيليا ، سنة 1640 ، التجربة التي اشار اليها غاليليه في ديسكورسي ومزداها التسبب بسقوط حجر من اعل سارية سفينة متحركة : وقد وقع الحجر في اسفل الصاري ، وكما صرح بذلك غاليليه ، ضد اراء المشائين (اتباع الارسطية) . قال غاسندي ان الحجر رسم بارابولاً بالنسبة الى محاور مربوطة بالارض ، الا ان المؤلفة الافقية لهذه الحركة البارابولية لم تشاهد على ظهر السفينة . وهكذا اثبت نوعاً من انواع مبدأ النسبية .

في نظر غاسندي كل الحركات عنيفة . بمعنى انها تتطلب دائماً محركاً خارجياً . وسقوط الاجسام لا يشذ عن هذا بهذا الشأن . فالحركة العنيفة - بعكس قاعدة تؤمن بها المدرسة - قد تكون مستمرة ان كانت موحدة متسقة . وهذا يجرنا الى مبدأ الجمود : ان الحجر الموضوع في فضاءات خيالية ، هي وراء عالمنا المرئي ، وبالتالي يجمزل عن مفعول الارض ، يبقى هادئاً ساكناً الى الابد . وان جاء سبب ما يطرده منها ، فان هذا الحجر ينتقل بحركة موحدة وبدون نهاية . وهكذا ، في نظر غاسندي يفترض مبدأ الجمود وبوضوح ، متحركاً متحرراً من كل اثر خارجي ، متحركاً في فضاء فارغ من كل حقول قوة . نضيف ايضاً ان غاسندي كان كوبرنيكياً ، ولكنه في محاضراته في الكلية الملكية (1647) شرح ، دون ان يظهر اي تحيز واضح ، انظمة العالم الثلاثة .

II - ديكارت

نصل الى ديكارت ، الذي اتبع لمؤلفاته ان تسيطر على القرن حتى ظهور المبادئ (برانسبييا) Principia لنيتون وحتى بعده . ونميز بين ميكانيك ديكارت ، اي المسائل المحددة التي درسها ، والاولية الديكارتية ، اي نظامه للعالم . وهذا الفصل اتاحه هو ، عندما لم يسلم « كتابه حول العالم » على اثر عاصمة غاليليه ، وعندما لم يؤد نشر كتابه « المبادئ » (ط لاتينية 1644 ، وط. فرنسية 1647) الى الغاء هذا الفصل ايضاً .

من الواجب اذن الاعتراف بأن ميكانيك ديكارت يطرح المسائل أكثر مما يحلّها بشكل مرضٍ . وبالمقابل ان اوليته ، اي محصلة الفيزياء بواسطة مفاهيم الامتداد ، والصورة والحركة ، يجب ان تجذب الافكار ، بفضل بساطة اساليبها ، وبفضل تذكيرها بايماءات الخيال البصري ، وان تقضي ، بفضل مثله ، على الصفات الخفية التي كان المدرسيون يتغلبون بها .

ديكارت وبيكمان Descartes et Beeckman - بعد رؤية ديكارت اعلاناً يطرح على العلماء مسألة حسابية ، وكان يومئذ مجنناً في الجيش En garnison ، اتصل بحوالي اواخر سنة 1618 بأسحاق

بيكمان Isaac Beeckman . وقام هذا الاخير فيما بعد بتتويره حول عدة مسائل مما كان يشكل يومئذ الفيزياء العامة . وكان هذا التعاون بين ديكارت وبيكمان قد نشر بكامله في « مذكرات » هذا الاخير، بعد ان عثر عليها ونشرها كورنليس دي وردCornelis de Waard .

كان بيكمان ذرياً . ولكن هذا لم يمنعه من تأهيل الكون الفضاء ' بمادة مرهقة سريانها يفسر في نظره ، بأن واحد، سقوط الاجسام ، وجذب المغناطيس وبعض مظاهر الفراغ .

وكان بيكمان ينادي بحفظ الحركة : كل شيء بعد ان يحرك لا يتزع ابدأ نحو السكون، ما لم يكن هناك عائق خارجي يحد من حركته . ويطبق حفظ الحركة في الفراغ ، على الحركة المستقيمة كما يطبقه ايضاً على الحركة الدائرية ، ويذكر بيكمان كمثال على ذلك الحركة اليومية للأرض والحركة السنوية . وهذا يكشف ان بيكمان كان بالتأكيد كوبرنيكياً .

كان بيكمان يؤكد ويهتم بالثبات بثبت بالتجربة وجود سرعة محدودة للأجسام الواقعة في الهواء . فهو يرى ان الثور مؤلف من جزئيات وان سرعة انتشاره محدودة .

وقد اهتم بيكمان ايضاً بتصادم الاجسام . والقواعد التي اعلنها بهذا الشأن تتطابق تماماً مع القواعد التي اقترحها ديكارت فيما بعد . ويمكس قواعد ديكارت ، كانت قواعد بيكمان في معظمها صحيحة ، ولكنها لا تبحث الا في حالة الاجسام المجردة من المرونة

وقد درس ديكارت وبيكمان معا سقوط الاجسام وتوصلا بالتالي ، قبل غاليليه ، الى قانون صحيح . والغريب في الامر ان ديكارت نسي هذه النتيجة ، مما حمله فيما بعد على التيهان في ذات المسألة .

وعلى العموم تظاهر ديكارت بانه نسي دروس بيكمان وعزم على تقديم نظامه الخاص كثمرة افكاره الشخصية .

لقد عاش ديكارت بشكل مستقل عملياً تجرّبة الفكرية العجيبة ، وذهب الى حد احتقار حقائق لدى معاصريه كان من الاجدر اكتسابها .

الميكانيك الديكارتي - في سنة 1634 اطلع ديكارت على اهم نظامين للعالم عند غاليليه من خلال كتاب ديالوغو . والتهم الكتاب بخلاف ثلاثين ساعة ، ولم يتورع عن انتقاد ، خاصة فيما يتعلق بتفسير المد والجزر . ولكنه اعترف بان غاليليه فيلسوف جيد بالنسبة الى الحركة ، وخاصة بمقدار ابتعاده عن الاراء المكتسبة . ان الفوضى الظاهرة في ديالوغو ، لا يمكن الا ان تصدم بشكلها الفكر المنهجي عند ديكارت .

وفي مجال السكون (ستاتيكا) ، وضع ديكارت كل وزنه المعنوي لكي يُجَلِّ - كما فعل ستيفن Stevin من قبل - ما يسمى اليوم وجهة نظر الاعمال المحتملة محل وجهة نظر السرعات المحتملة .

وهذه الاخيرة كانت وجهة نظر التراث المدرسي : كتب ديكارت في 5 تشرين الاول 1637 الى قسطنطين هويجن Constantin Huygens يقول :

« ان اختراع كل الآلات [التي بواسطتها يمكننا لقاء قوة صغيرة، رفع حمل ثقيل جداً] لا يقوم الا على مبدأ واحد هو ان نفس القوة التي تستطيع رفع ثقل ما ، مثلاً، منة ليبيرة لارتفاع قديمين ، تستطيع ايضاً رفع جسم من مثني ليبيرة لارتفاع قدم واحد، او جسم من 400 الى ارتفاع نصف قدم ، وكذلك الاوزان الاخرى التي تنطبق عليها القاعدة .

وهذا المبدأ لا يمكن إلا ان يقبل، اذا اعتبرنا ان المفعول يجب ان يتناسب مع الفعل اللازم لاجرائه . ويوضح : « ان هذه القوة لها دائماً بعدان « اي انه حصيلة وزن مع ارتفاع » .

وكان ديكارت هو الاول الذي لاحظ الصفة التفاضلية لهذا المبدأ الاساسي في الستاتيك (السكون) . وكتب بهذا الشأن، فيما يخص الجاذبية الارضية :

« تقاس الجاذبية المتعلقة بكل جسم « ببدء » الحركة التي تقوم بها القوة الدافعة سواء لرفعها ام للتحاق بها ان هي انخفضت . لاحظ اني قلت « ببدء بالنزول » وليس فقط النزول، اذ ان البدء في النزول هو الذي يجب الانتباه له . » .

وبحسب رأي ديكارت ان « القوة السكونية » تعبر عن نفسها بحاصل ضرب الوزن بالارتفاع ، في حين ان « اللحظة » Momento بالمعنى الذي قصده غاليليه يساوي حاصل ضرب الوزن بالسرعة . ويرى ديكارت ان غاليليه قد نجح في تفسير « ما يجب » Quod ita fit فيما يخص الميزان والعتلة دون ان يفسر Le eur ita fit (كتاب الى مرسين في 15 تشرين الثاني 1638) .

وبعد ان قرأ ديكارت كتاب غاليليه « ديسكورسي » حال صدوره ، انتقده بقسوة في رسالة سلمها الى مرسين تحت طابع السرية (11 تشرين الاول 1638) . يفهم من هذا ان ديكارت، في ذلك الحين كان مندمغاً تماماً وكان يحاكم كل شيء على اساس مبادئه هو . إذ لم تعد تهمه حقائق العلم الوضعي الا بمقدار اندماجها في الصورة الميكانيكية التي كونها لنفسه عن العالم .

وبناء عليه فقد رفض ديكارت كل النظريات التي تقوم عليها النظرية الغاليلية حول سقوط الاجسام : « كل ما قاله [غاليليه] عن سرعة الاجسام النازلة في الفراغ الخ مبني على غير اساس ؛ اذ كان يجب عليه أولاً ان يحدد ماهية الجاذبية ؛ ولو انه عرف حقيقتها، لكان عرف انها تكون عدماً في الفراغ » (حرقياً)⁽¹⁾ .

الا ان ديكارت يعترف، مع ذلك، لغاليليه بأنه يمتاز « بأنه يعرف كيف يتفلسف اكثر من العوام »

1 - من المعلوم بهذا الشأن ان الفراغ غير موجود في نظر ديكارت وان الجاذبية الارضية ناتجة عن تأثير المادة المرفهة الخفيفة التي تملأ كل الفضاء ، على الاجسام .

وانه « يتفحص المواد الفيزيائية بأسباب رياضية ». وهذه هي الوسيلة الوحيدة من اجل الوصول الى الحقيقة، ومن اجل « الاعتماد، ما امكن عن اخطاء المدرسة » .

وقد كان ديكارت محقاً تماماً حين اخذ على غاليليه انه قدم لرجال المدفعية جداول رماية استبعد منها كل مقاومة للهواء ، حين رسم بارابول القذائف .

من جهته لم يفغل ديكارت اية معلومات تجريبية ، وبخاصة في موضوع صدم الاجسام . وكانت المسألة بالتأكيد اساسية بالنسبة الى فيزيائيه التي لم تكن تعترف الا بفعل الملامسة ، . ولكنه لعجره عن استبعاد العقبات ، اعلن فيها بعد هذا الشأن ، في « مبادئه » عن قواعد مسبقه [دون اثبات] سمى هويجن فيها بعد الى اصلاحها وتوقعها .

وعالج ديكارت في « الديوتريك » (1637) المسألة الصعبة ، مسألة تركيب الحركات، ولكنه لم يعالجها علناً ؛ فترك - لماركوس ماري دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland (دي بروبورسيوني موتيس De Proportione Motus ، براغ 1639) والى جيل برسون دي روبرفال Gilles Personne de Roberval (محاضرات الكلية الملكية 1639) - الفضل في نشر تحليلات جديدة حول هذه المسألة الفتح التي عالجها غاليليه بشكل مبهم .

وتكشف رسائل ديكارت وحدها (معاهدة مع هوبز Hobbes سنة 1641 بواسطة مرسين) كم فكر هو بنفسه في البنية المنطقية للتركيب لكي يستنتج منها تمييز العناصر المكونة للحركة : عنصر كمي مرتبط بمقدار السرعة، عنصر جيومتري (الاتجاه والتوجه) .

والمراسلات ايضاً هي التي تكشف شجب ديكارت لهذا النوع من الجاذبية الكونية التي قدمها روبرفال سنة 1644 في كتابه أريستارك Aristarque وهو يشرح الفرضيات الكلاسيكية الثلاث في علم الفلك .

« من اجل فهم [مثل هذه الجاذبية] لا يكفي فقط الافتراض بان كل جزء من الكون حي يتحرك بفعل انفس علة ومتنوعة لا يصد بعضها بعضاً ؛ بل ان هذه النفوس ذكية 'كلها ايقية حتى تستطيع معرفة' ما يحدث في اماكن بعيدة عنها، بدون اي رسول يعلمها ، وحتى' تمارس فيها سلطانها » (رسالة الى مرسين في 20 نيسان 1646) .

ولكن هذه الرسالة، التي عرفت فيما بعد 'نشرها على يد كليرسليه Clerselier، كان لها وزنها في معارضة الديكارتيين لنظام نيوتن .

لا نستطيع هنا ان نرسم كل تفصيلات المناظرة التي حصلت بين ديكارت وروبرفال بشأن البحث عن مركز الاضطراب اي تحديد طول الرقاص البسيط المتواقت مع رقاص مؤلف ومعين، وهي مسألة صعبة جداً ، بالنسبة للوسائل المتوفرة آنذاك ؛ وقد عجز كل من ديكارت وروبرفال عن إيجاد حل كامل لها ؛ كما عاد اليها هويجن بواسطة منهج جديد مختلف تماماً . وقد اعطى التراث ، في اغلب

الأحيان ، الحق لروبرفال في هذه المناظرة . نشير مع ذلك أن ديكارت لم يكن وحده ليتحمل كل الاختلاء ، لأنه كان أفضل تصوراً من معاوريه لضرورة الاهتمام بالثقل النوعي من أجل الشعور على مركز التحرك .

نظام الكون عند ديكارت - ان جوهر رسالة ديكارت التي قدمها لعصره ، لا يكمن في حل المسائل ، التي كانت تشغل العلماء يومئذ ، والتي اجهل هو (اي ديكارت) اصدار نشرة بشأنها كاملة ودقيقة ومنهجية ، مستقلة عن المشاحنات بالرسائل ، بل يكمن في وضعه نظاماً كاملاً - هدف به احلاله تماماً على عقيدة « المدرسة » - نظاماً ألغى منه كل الصفات والاشكال الجوهرية ، لصالح اوالية كونية ، تفسر كل الظاهرات في هذا العالم المرنى بواسطة ثلاثة مفاهيم فقط هي : الاتساع ، والصورة والحركة .

وفي هذا التخفيض لعدد المفاهيم وجد نظام ديكارت ، بأن واحد ، اصلته العميقة ، وتبريره ، وفائدته الحققة . واذا كان هذا الدرس العالي قد اسس مدرسة او منهجاً ، فذلك لانه - وهو يأتي ليقدم امكانية تفسير ميكانيكي لكل الظاهرات في العالم المحسوس - يشكل دعامة قوية للبحث العلمي .

وقد وجد نظام ديكارت تعبيره الاول الاكثر بداهة وعفوية والاكثر بساطة ، والاكثر كوبرنيكية ايضاً في كتاب « الكون » الذي كان شبه كامل في تموز سنة 1633 . ولكن الحكم على غاليليه هل ديكارت على تأجيل نشر الكتاب . ولم ير كتاب الكون النور فعلاً الا سنة 1664 . في هذه الاثناء كان ديكارت قد نشر « المبادئ الفلسفية » 1644 . في هذا العمل ذي الطابع العلمي البارز وفي الطابع التعليمي عرف علماء اوربوا كلها الاوالية الديكارتية .

ان الاتساع ، بمفهوم ديكارت . هو جوهر (او هيولي او مادة او جسم) وبالعكس ان الجواهر يعود ويرتد ليصبح اتساعاً . هذا المفهوم مجرد من كل صفة حسية ، ومن كل صفة خاصة ولا يتضمن اي شيء لا يمكن ان يكون كونياً . هذه الكونية في نظر ديكارت هي مفتاح الفهم الاكيد للاتساع او الامتداد . وهذا الامتداد يمثل كل الفضاء بشكل مستمر : لا يوجد فراغ ، ولا يوجد كذلك ذرات . ان العالم الديكارتى واحد موحد ؛ انه غير محدود ، اي لا يمكن ان ترسم له حدود وابعاد . بالنسبة الى ديكارت تعتبر الحركة نسبية بصورة اسامية ، ولا يمكن ان تحدد الا بالنسبة الى جوار او اطار يعتبر ساكناً . والسكون هو من ذات طبيعة الحركة : اذ يوجد بينهما تماثل حق . في الطبيعة يسود قانون عام يعبر بصورة شاملة عن التوازن بين السكون والحركة .

« لقد خلق الله بكل قدرته المادة وفيها الحركة والسكون واحتفظ الان ، في الكون ، بواسطة قدرته ومساعدته ، بمقدار من الحركة والسكون ، كما وضعها يوم خلق هذا الكون » .

ولكن موضوع الحفظ الذي يعزى الى صفات الله الميتافيزيكي ، يجب ان لا يؤول على عجل .

ان القانون الاول للحركة هو نوع من مبدأ الجمود : ان اي جسم لا يغير حالته السكونية او الحركية الا اذا التقى جسماً آخر . وكل جسم اتخذ في الحركة يستمر فيها دون ان يتوقف من تلقاء ذاته

والقانون الثاني يوضح ان كل جزء من المادة يهتف الى ان يتحرك بخط مستقيم ما لم يلاق أجساماً اخرى. والقانون الثالث يقصد الى توضيح انماط الاتصال الحركية بين جسمين التقياً. ويقرن هذا القانون سبع قواعد تناول اصطدام الاجسام. وهذه القواعد كلها غلط، ما عدا القاعدة الاولى التي تتعلق بالصدمة المتبادلة لجسمين متساويين تحركهما سرعات متساوية. ولكن هذه القواعد تنبئ اعطاء مضمون وصياغة رياضية للقانون العام قانون الحفظ في الكون.

وسأله الصدم لن تجد، في القسم الثاني من القرن، الا بفضل تمثل مفهوم جديد هو مفهوم المرونة، ثم باعتبار كميات الحركة وكأنها غير منفصلة عن منحى الحركة. وفكرة قانون الحفظ لن تتأثر بهذا القانون بل مضمونه فقط هو الذي يتأثر.

نشير اخيراً انه بالنسبة الى ديكارت، يكمن تماسك جزئيات الجسم الصلب في ان هذه الجزئيات هي فيما بينها بحالة سكون نسبي. وهذه المفارقة تبرز النتيجة القصوى، لبناء اريد له بصورة اساسية ان يكون منطقياً

وقد استطاع ديكارت، بفضل هذه المفاهيم وهذه القوانين ان يتنطح لتفسير «التكوين العجيب لهذا الكون المدهش». ورغبة منه في تفادي الاصطدام برجال اللاهوت كتب يقول: «اني حريص اكثر من كوبرنيك على ان لا اسند اي حركة الى الارض. وسأحاول ان تكون حججي حول هذا الموضوع اكثر اصبحة من حجج تيكو Tycho».

ان اجزاء الشمس تضطرب كما تضطرب اجزاء كل نار، ولكن الشمس لا تنتقل، رغم ذلك من مكان الى اخر في السماء.

ومادة السماء سائلة وكذلك المادة التي تؤلف الشمس والنجوم الثابتة. وترتكز الارض في القسم من السماء الذي يجاورها والذي يشكل اعصاراً، مع بقائها عمولة بفعل تيار هذا الاعصار:

«ويعد ان تم نزع كل الاحراجات التي تحس حركة الأرض، نفكر بأن مادة السماء حيث الكواكب تدور باستمرار، دائرياً، كما الاعصار الذي توجد الشمس في وسطه... وان كل الكواكب (والأرض من عدادها) تبقى دائماً معلقة في نفس الأجزاء من هذه المادة السماوية. إذ بهذا فقط، وبدون استعمال أية آلات أخرى، يمكن أن نفهم بسهولة كل الأشياء التي نلاحظها فيها».

في البداية قسم الله كل المادة الذي كون منها هذا الكون المرئي الى اقسام متساوية تماماً وهذه الاجزاء الاساسية لا يمكن ان تكون مدورة، اذ لا يمكن ان يكون فيها فراغات، والكرات او الدوائر المتلامسة تبقى فيما بينها زوايا فارغة. هذه الزوايا يعتبرها ديكارت مملوءة ببقايا او نفايات اجزاء المادة، وذلك بمقدار تدوير هذه الاجزاء.

ويتألف العالم المرئي من ثلاثة عناصر رئيسية هي هذه الفضلات او البقايا، وهي منقسمة جداً

تحركها حركات سريعة ، ثم بقاءها الملمعة التي اجزاؤها صغيرة جداً ومدورة . وانحسراً الاجسام ، التي ، بسبب ضخامتها وصورتها ، لا يمكن ان تتحرك بمثل هذه السرعة .

والشمس والنجوم الثابتة تتألف من العنصر الاول ، اما السماء فمن العنصر الثاني واما الارض والكواكب والشهب فتألف من العنصر الثالث .

وتدور الاعاصر وهي تلامس بعضها بعضاً خارج اقطابها ، وبحيث لا تضايق بعضها بعضاً في دوراتها . ومادة العنصر الاول تخرج باستمرار من الاعصار ، من خلال النقاط الاكثر بعداً عن محاور كل اعصار وتدخل ايضاً باستمرار من خلال هذه الاقطاب . اما مادة العنصر الثالث فتكون من اجزاء الفضلات التي هي اقل اضطراباً . ويصورها ديكارت وكأنها اعمدة صغيرة ضمن ثلاث قنوات وهي مدورة مثل صدفه البراقة ، بحيث تستطيع الرقص دائرياً ضمن مثلثات محدودة متروكة فيها بينها بفضل ثلاث كرات من العنصر الثاني تلامس . هذه الاجزاء الاسطوانية تسبح فوق سطح الكوكب الذي تنتمي اليه وتراكم بشكل يقع ، كما الزبد فوق سائل يغلي . وقد يحدث ان يتلاشى اعصار بكامله بفعل الاعاصير المجاورة ، وان تنفجر النجمة الكائنة في وسطه ، وتتحول الى نيزك او الى كوكب . وهذا الخطر لا يحدث بالنسبة الى اعصار خال من البقع ، بحميه انتشار مادته . وبواسطة هذا النموذج اراد ديكارت ان يفسر حركة الكواكب والمذنبات ، وان يفسر ذنب الشهب وان يجلل الانواء . وتتوسع « المبادئ الفلسفية » في مجال الفيزياء والبيولوجيا ، لتتجاوز هذا النظام الكوني . ونكتفي بذكر ما هو اساسي فيما يتعلق بالجاذبية الارضية .

والفضاء حول الارض ليس فراغاً ، والا لتطارت الاجسام التي فوق سطحها في السماء من جراء دوران الارض (لم يتردد ديكارت في العودة الى ذريعة قديمة قالت بها « المدرسة ») .

ويجب ان تعتبر الارض ، بحكم انها ليس لها بذاتها القوة لتدور حول نفسها ، وكأنها مجرورة بمادة السماء ، حيث هي في حالة سكون نسبي . ولكن مادة السماء فيها فيض من الحركة يجعلها على البعد عن المركز ، مما يجعلها خفيفة بالنسبة الى الارض .

ومادة السماء لا يمكنها ان تغلف نحو الاسفل جسناً على مقربة من الارض ، الا اذا حلت محل هذا الجسم ، اذا كان A جسماً يحتوي مساهمه من مادة السماء اقل من الهواء الذي يحاذيه ، فمن المؤكد ، في نظر ديكارت ، ان هذا الفاض من مادة السماء يستطيع ان يقرب A من مركز الارض وبالتالي : « اعطاه هذه الصفة التي تسمى الجاذبية » .

من غير المجدي الاشارة الى مدى امتلاء نموذج التفسير الديكارتي بالاهام . ان العناصر التي هي فوق متناول حواسنا - وتسمى اليوم ، الخفايا ، او اللامرصودة - تعطي عنده اشكالا ولا اغرب ولا اعجب . هذا النموذج قلعه ديكارت ، وكأنه بمثابة التبيين الرياضي ، ولكنه لا يشكل ، في اغلب الاحيان الا صورة ملونة وصفية ، مشبهة في هذا فيزياء المدرسة التي اراد ديكارت ان يستبدلها . اما ما تضمنه هذا النظام من تكميم مثل القاعدة حول صدم الاجسام ، فقد كان ايضاً غير صحيح امام

التجربة . ولكن هذا النموذج كان مدهشاً ببساطة مقدماته ، وإن لم يكن مقبولاً في إنسانيته . وما قدم منه للعامة جاء ليسد لدى الجمهور من المفكرين ، الحاجة الى نهج الفهم عقلائي في نظريته الى الظواهر الفيزيائية .

III - باسكال واستاتيية السوائل

نقل الهواء والخوف من الفراغ - الى باسكال وإلى أعماله المشهورة يعود الفضل في ربط ثقل الهواء برمز مدهش حطم خرافة الخوف من الفراغ . الا ان هذه الجاذبية قد اكدها العديد من السابقين مثل نيقولا دي كوي Nicolas de Cues، بمعزل عن مسألة الفراغ .

ويسود ان كاردان Cardan هو اول من استنتج التجربة بهذا الشأن، في اطار النظريات - الضعيفة حتماً - حول مقاومة السوائل : فقد اعتبر ان الهواء اخف من الماء بخمسين مرة .

وإلى طبيب بيروغوردي Perigourdin، هو جان راي Jean Rey، يعود الفضل، بعد 1630، في طرق المسألة عن طريق الكيمياء ، فعزا للهواء الزيادة الملحوظة في تكليس القصدير .

ومع اسحاق بكمان Isaac Beeckman ظهرت، بدون ربط واضح، مهمة ثقل الهواء ومعه وجود الفراغ . واسند بالياني Baliani الى غاليليه نفس الرأي .

كان «غاليليه» يؤمن ان كره الفراغ يمكن ان يكون مجسداً ، وتجاربه حول الثقل النوعي للهواء . اعطته ثقلًا نوعياً للهواء اخف بمرتين . اما الـ «مرسين» فقد وجد بعد ان طبق ، بدون حصر، على سقوط الاجسام في الهواء وفي الماء قوانين الديناميك المدرسي، ثقلًا نوعياً للهواء اقل من ثقل الماء بألف وتسعمائة مرة .

وخلال خريف الف وستماية وست واربعين (1646) كرر الـ «بتي» في روان امام باسكال الـ «اب وباسكال الابن» تجربة توريشلي Torricelli . وقد ترك عن التجربة رواية جلية جداً تعتبر نموذجاً للتقارير عن التجارب اذ لم يترك في الظل اية تفصيلات تتعلق بالتنفيذ .

وقد اعدا بلز باهكال Blaise Pascal علناً هذه التجربة بعد ادخال تغييرات متعددة عليها، وارسل ضد معارضييه تحديات حقة .

وفي سنة 1647، لم يجرؤ باسكال، في «تجاربه الجديدة حول الفراغ» ، لم يجرؤ على الاعلان عن سفة القول بـ «الخوف من الفراغ» واكتفى محتلياً «خطي غاليليه»، بالتاكيد على ان قوة هذا «الخوف» محدودة . وهي تعادل القوة التي لكمية من الماء ذات ارتفاع يعادل تقريباً واحداً وثلاثين قدماً . ولكنه منذ هذه اللحظة ادرك ما كان قد خفي على «غاليليه» . اي ان التجربة قد أجريت دائماً فوق اوعية ذات اتصال حر بالفضاء . وقد خطرت له الفكرة بأن ضغط الهواء الجوي، نتيجة ثقله، هو الذي يرفع وحده الزيت في انبوب «توريشلي» . ولكنه اشار بنفسه الى الاعتراض الممكن، (حيث التلميح الى «ديكارت» بدا واضحاً) اي ان ثقل الهواء لا يتعارض مع وجود مادة لا ترى ولا تسمع

ولا تعرف بالحواس، وهي تملأ الفضلاء، الفراعخ والذي يتكون فوق انبوب التجربة .

التجربة الكبرى . في هذا الاطار يجب ان نضع انفسنا لنفهم تجربة بوي دي دوم Dôme والتي نشر باسكال مستنداتها في تشرين الأول 1648. وأول هذه المستندات رسالة من باسكال الى صهره « فلورين بيريه» Florin Périer مستشار في محكمة المساعدات في مدينة كليرمون، يطلب اليه فيها اجراء تجربة حاسمة مستفيداً من جواره لجبل أوفرنيه Auvergne العالي. وكان القصد اجراء التجربة العادية حول الفراغ، اي تجربة توريشلي. عدة مرات في نفس اليوم، وفي نفس الانبوب، وبذات لحمة الزيت، مرة في اسفل الجبل ومرة في اعلاه، على علو خمس او ستمئة «قاعة». ويضيف باسكال: «اذ من المؤكد انه يوجد هواء اكثر، يزن اكثر عند اسفل الجبل، في المكان الذي لا يمكن فيه القول بأن الطبيعة تخاف من الفراغ عند اسفل الجبل اكثر مما في اعلاه». وهذه الجملة تبرز اصالة باسكال. فاصلته لا تكمن في التجربة بالذات بل بالاثبات بنجاحها وتفسيرها. اننا نعلم بصورة افضل اليوم ان باسكال لم يكن الوحيد الذي يعتقد في ذلك الحين انه من المفيد التثبت ما اذا كان الزئبق يرتفع بنفس المقدار في اعلى الجبل كما في اسفله. والتعبير هو لديكارت، وبالضبط ايماء الى باسكال، في رسالة ارسلها الى مرسين في 13 ك 1647 حيث دوّن الحفص الكبير للفراغ للملاحظات التي ابداهما من جهته في ما يتعلق بالتغيرات، البالغة بوصفة واحدة في ارتفاع الزئبق، في ذات المكان وبحسب الظروف الجوية. ولكن رسالة مرسين تدل على ان حالة ديكارت لم تكن معزولة او فريدة. فالجميع كانوا يؤمنون في تلك الحقبة من التاريخ بتغل الهواء ويتأثروا على ارتفاع الزئبق. كما ان مسألة معرفة ما اذا كان بالامكان اثباتها بواسطة التغير في ارتفاع مكان التجربة كان هو الشاغل في ذلك الوقت. وكان ديكارت حذراً لما امر مرسين فقد كان موزعاً بشأن فكرة الفراغ، في حين ان روبرفال كان مؤيداً بشكل حاسم، وكان هذان الاخيران يشكان في نجاحها وبالتالي بفائدتها. ذلك ان كل شيء كان يتعلق بمقدار الاهمية التي يعزوها الفراعخ الى ثقل الهواء والى سببته حول الارض. اذ بحسب ما كان مقبولاً بهذا الشأن كانت هناك شكوك حول كفاية ارتفاع جبل لاحداث تغيير في ارتفاع الزئبق ارتفاعاً بارزاً يميزه عن التغيرات الاخرى الملحوظة .

ومن الملفت ان نقرأ في تقرير « فلورين بيريه» Florin Perier حول « التجربة الكبرى » التي اجريت تحت اشرافه في 19 ايلول 1648، ان ذلك اليوم « كان يوماً غير مستقر ». ومع ذلك فان ارتفاعات الزئبق التي قيست عدة مرات في اسفل وفي اعلى جبل دوم، وكذلك في محطة وسط بين الاثنين، كانت دائماً هي هي تماماً. واذا كانت الملاحظات التي اخذت في القمة. وفي الموقع الوسط قد اخذت خلال مدة قصيرة، فان المراقب الذي ترك عند اسفل الجبل كان امامه النهار كله لكي يلاحظ ان ارتفاع الزئبق لم يتغير ابداً عن مكانه في مركزه هو، (هذا على الرغم من تقلب الطقس الذي بدا مرة صافياً ومرة ممطراً . ومرة مملوءاً بالضباب ومرة عاصفاً). من يصدق؟ حتى ولو اخذنا في الاعتبار ان قياسات بيريه، اعطيت بدقة ربع خط اي ما يزيد قليلاً عن نصف ملمتر. وفي هذا دقة كافية تجعل التأكيد على ثبوتية ارتفاع الزئبق في اسفل الجبل طيلة نهار كامل، ضمن ظروف جوية متغيرة امراً

مشبهواً تماماً . وتقدير بيريه الذي صرح باسكال عنه : بأنه قد اوضح كل مصاعبه ، يستبعد تماماً ، عن طريق النفي ، ولاسباب تعليمية ما نستطيع نحن ان نسميه ظاهرات ثانوية .
والواقع - رغم عدم رغبة باسكال بالاعتراف بالامر - ان سبب نجاح « التجربة الكبرى » هو ان مقدار الفرق بين ارتفاعات الزئبق بين اسفل وبين فروة جبل دوم (اكثر من ثلاث بوصات) يتجاوز الى حد بعيد التغييرات الحاصلة ، حتى ذلك الحين بسبب من الاحوال الجوية ، مما يستدعي اعطاء فارق الارتفاع الاهمية الرئيسية . واصلاح تقدير ثقل الهواء النوعي ، المتغير مع الارتفاع . سنداً للمعدل المكتشف في « جبل دوم » استطاع الاب دي لامار Marre ان يثبت من فرق مقداره اربع مليمترات ونصف بين اسفل واعلى ابراج نوتردام دي كليرمون ، كما عثر باسكال نفسه على نتيجة من ذات النوع في برج سان جاك في باريس ، دون أن يخشى هذه المرة الظاهرات الثانوية ، في ملاحظات مقاربة جداً زماناً ومكاناً . .

ويبرز للعيان هنا ، كم بدت هذه « التجربة الكبرى » التي قال عنها باسكال « ان رغبة شاملة جعلتها شهيرة قبل ان تظهر » ، فعالة . اذ اتاحت التنبؤ بنجاح تجارب اخرى اكثر ضماناً من حيث ثبات العنصر الرئيسي الداعم للارتفاع البارومتري . ولكن نرى ايضاً التحفظات التي يجب ابدالها فيها يتعلق بحسبيتها . ان التجربة الحاسمة هي التي تكلم عنها باسكال عرضاً في مطلع رسالته الى بيريه . انها تجربة الفراغ في الفراغ والتي تقوم ، بمساعدة آلة خاصة ، على وضع انبوب تورشلي داخل فراغ بارومتري ، ثم الملاحظة بان الزئبق يسقط تماماً ، غير مضغوط وغير مواجه بأي هواء . ويعود الفضل الاول فيها بدون نزاع الى ووبرفال ، واذا لم يمكن الشك بقيام باسكال باجرائها ، كما يقول ، لحسابه الخاص ، فبالامكان الشك بتاريخ 15 تشرين الثاني 1647 المدون في رسالته الى بيريه في نشرة تشرين الاول 1648 . والدرس الايجابي المتحصل من نقد النصوص هو انه بخلاف شتاء 1647-1648 عثر باسكال على سند يؤكد : ان الطبيعة لا تخشى الفراغ . . . ، وان كل المساعيل التي اسندت الى هذا الخوف تنأى عن الفراغ وعن ضغط الهواء ، انما لم يستطع اجراء التجربة الحاسمة بشأنها فقد اضطر ان يضع في مكان لمخر تقديده الاصيل .

وفضله يبقى في انه ، خلال المجادلات المعقدة بين خصوم الفراغ وانصاره ، استطاع ان يأمر وان يحصل على تحقيق تجرية مشهودة . حتى ولو أنه أهمل ذكرها بالتفصيل الدقيق عن عمد ، مضحياً بها من أجل دوجمائية جليلة .

البارومتر والآلة الهوائية الماصة ، قابلية الهواء للضغط سوردشيء الذي لم يرد في وصف التجربة الكبرى بغزارة في كتبه التي صدرت بعد وفاته حول توازن السوائل والثقل النوعي لكثلة الهواء ، وهما كتابان نشرتا سنة 1663 . وظهر فيها باسكال كفيزيائي ممتاز بفضل تنوع معداته التجريبية وبفضل دقة تحليلاته ، وحسن استخدام المقاييس متمكناً من التقريب ، متحكماً ببيكلية الألفاظ . ولا بدعشنا أن وجدنا في خاتمة هذين الكتابين فصولاً تعود كتابتها إلى سنة 1651 وفيها يذكر باسكال هذه الظاهرات الثانوية ، التي استبعدت من كتابه « قصة التجربة الكبرى » . وقد وصفها وصفاً جيداً حتى أنه وصف معدات أربع قادرة على تحصيل واكتشاف تغيير الظروف الجوية ، وبصورة خاصة أنبوب يتضاءل عطاؤه

كلها تضاد للضغط الجوي .

ولكن تطبيق انبوب توريشلي ذي الشكل الشاروقي (siphon) للتنبؤ بالمطر والطقس الجيد ليس من ابتكار باسكال. بل هو من صنع اوتودي غريك Otto de Guericke ذي الاداة الشهيرة (عوام مرتبط بخط مع مثال صغير يتيح، بواسطة محركات ذراع، تجسيد تغيرات الضغط الجوي) الموصوفة في كتاب اكسبريمانتا نوفا ماغديبورجيا (Experimenta nova Magdeburgica) (1672) المنتهي سنة 1663 .

وكلمة بارومتر، هي تسمية متأخرة فرضت فقط بعد « بحث حول طبيعة الهواء » ونشر من قبل ماريوت Mariotte سنة 1676 .

كان اوتودي غريك تجريبياً رائعاً، وقد اثبت مستقلاً عن توريشلي ثقل الهواء ومطاطيته . ولكن مواهبه العملية وجهته انجماً آخر مختلفاً عن انجاء باسكال . وقد حرص منذ 1632 على البحث عن آلة يمكنها ان تسحب الماء من اناء مملوء تماماً حتى يحدث فيه الفراغ . وادى به فشل محاولاته الى اجراء التجربة في اناء مملوء بالماء فقط، وهكذا توصل الى الآلة الماصة والى التجربة الشهيرة المسماة تجربة نصفي كرة مغديبورغ Magdebourg، التي قدمت الى مجلس الذب Diète في راتسبون سنة 1654 .

واعترف روبرت بويل Robert Boyle (1627 - 1691) الذي ادخل بعض التحسينات على اوالية المضخة بادال العامود الذي يتحكم بالمكبس بمحلاقة يحركها بالانجمايين دولا ب مسنن، وحقق بشكل مرض تجارب غريك Guericke (وبخاصة تجربة الجرس المخيا داخل الوعاء الفارغ والذي لم يعد يسمع صوته) بفضل شكل الجرس (القبعة) الواسع الذي اعطى لشكل الوعاء، اقول اعترف روبرت بويل علناً بان غريك هو المخترع (نيو اكسبريمنت فيزيكو ميكانيكال، 1660). والى غريك ايضاً يعود الفضل في فكرة استعمال مانوميتر (مقياس ضغط سائل) محصص للتثبت من ندرة الهواء والى حد ما لقياس الفراغ .

ان التحسينات التالية المدخلة على الآلة، من قبل هويجنس Huygens ودينيس بابان Denis Papin وغيرهم من الفيزيائيين الاقل شهرة، - تتناول تفصيلات تقنية عملياتية (حتفيات ذات تثقيب مزدوج او مثلت، صباغات، الخ) بقصد تخفيف الخسائر او الفراغات المضرة. ولكن يمكن القول ان هذه التحسينات لم تتناول المبدأ الاساسي. ولكن في منتصف القرن 17، ويفضل باسكال واوتو غريك احتل الفراغ المكانة الثابتة في العلم. ونقع في الخطأ، مع ذلك، ان اعتقدنا - بذات الحقبة - ان التجربة البارومترية وتفسيرها السليم لم تعد تثير التناقضات. تناقضات نافعة اذ بفضلها تمت تجارب بويل Boyle حول مطاطية ومضخونية الهواء (1661). ولكن بويل لم يستكشف جدوى نتائج الكمية وترك لتونيلي Towneley اسبقية تصور القانون وصياغته، هذا القانون الذي يسمى خطأ، حتى الآن ايضاً، بقانون ماريوت: التناسب المتعكس بين الحجم والضغط في الحرارة الثابتة. وادى هذا القانون

- الذي تكرر التثبت منه عدة مرات - الى سلسلة من التحسينات ادخلت على مضخات الضغط وعلى المانومتر ، ولكنه لاقى العديد من الناقضات . ويؤكد جاك برنولي ، خاصة سنة 1683 ، انه تحت حجم معين ، وعندما تتلامس خلايا الهواء كلها ، فان اي ضغط مهما كان لا يعود ممكناً . في حين كان ماريوت - الذي اقر باهمية القانون والذي اعاد تجربته (1679) - يؤمن بوجود حد آخر هو (استحالة تندير الغاز تحت الجزء (4000) من التركيز العادي) ، اثبت امونتون Amontons بطلان هذه الفرضية وان صحة قانون بوال - ماريوت Boyle - Mariotte مربوطة ببساطة بدرجة حرارة ثابتة (1702) .

المهيدرو - ستاتيكا وطريقة باسكال - مهما كان مبدأ ارخيدس مدهشاً ، فلم يعد ان يكون قانوناً شاملاً . كان سيمون ستيفن ، الذي ورد ذكره في فصل سابق ، اول « معاصر » عرف كيف يتجاوز ارخيدس في تصوره فكرة الضغط ، الا ان باسكال هو صاحب الفضل بتوضيح موضوع الضغط . في الكتابين اللذين ذكرا أعلاه ، والمنشورين سنة 1663 ، والمكتوبين على ما يبدو بين 1651 و1654 ، اعلن باسكال بوضوح انه على غشاء كتلة سائلة مستقرة تكون القوة الضاغطة في كل ناحية متناسبة مع سطح الانعطاق .

وقد اعطى المساعي تبريراً اولياً يرتبط بستايتيك [ثبوت ، جود] الاعمال للممكنة عند ديكارت . فدفعت مكبس صغير السطح في مكان ما ، نحو داخل السائل ، وبعقب معين يعادل دفع مكبس اعرض بمئة مرة اما على عقب اصغر بمئة مرة ، في مكان آخر . في الحالتين الكتلة المزحزة هي نفسها . ويذكر باسكال الاستمرارية والسيولة ، ولكنه لا يرى انه يركز على لا انضغاطية السائل الذي عليه يحمل ، اي الماء ، وعلى دوام الحجم ، في كل تغيير للشكل انطلاقاً من حالة التوازن .

لا شك ان هناك شعوراً بعدم الثقة هو الذي يدفعه الى اضافة حجة لا يمكن ان يفهمها الا الجيومتريون وحدهم ، وربما مررها « الآخرون » . سنداً لمجموعة مكبسي الآلة المائية الضاغطة في حالتها التوازنية ، ونظراً الى الترابط بواسطة السائل المحبوس في الاوعية المتصلة ، اثبت باسكال ان مركز الثقل في المكبس (اللذين يتناسب وزنها مع مساحتهما) لا يمكن ان ينزل ، واستند بدون ان يقول ، على مبدأ توريثيل بالنسبة الى الانظمة الوازنة . ولكنه قصر ، حين اكد انه من الواجب « التسليم بان وعاء مملوء بالماء ، وله فتحات ، وله الفتحات قوى تتناسب معها ، عندها تكون هذه القوى في حالة توازن . وفي نقل مبدأ الحد الأدنى السائد في الانظمة الوازنة ، لم يتجاوز باسكال مرحلة الطفولة الصغرى .

الا ان له الفضل في انه ترك للأجيال بعده عبارات رنانة : ان الوعاء المملوء بالماء هي آلة ميكانيكية من اجل تضعيف القوى . وعندما انتقل من المهيدروستاتيكا ، الى ثقل الهواء (الذي لم يعد احدث اليوم ينازع بشأته) ، اخذ يبحث في حساب كل كتلة الهواء الموجودة في العالم .

ونحنى آخر تلامذة ارسطو - الذين قبلوا التحدي الى حد ما - ان يبرروا عن طريق الخوف من

الفراغ كل للمفاعيل التي يفسرها ضغط الهواء . وكان متمكناً من سر الكتابة والمناظرة . ونعرف عن طريق « الأفكار » انه كان يرفض لنفسه اولى ديكارت :

« ديكارت - يجب القول بصراحة : هذا يتم بالرسم والحركة . لان هذا حق . ولكن القول ما هما ، ثم تركيب الآلة ، ان هذا سخف ، لان هذا غير مفيد وغير مؤكد ومتعب » .

ومع اعطائه المفاهيم الديكارتية سمة البراعة ، لقد فضل باسكال اذن اسلوباً يقوم على التصور السريع لمبادئ عامة ومنها ان التجارب (مثل صعود الماء في اجسام المضخه ، وفي انبوب توريشلي) تغلب فيها المواقب اكثر مما تغلب فيها نقطة الانطلاق . ويعطي ما قلناه اعلاء عن التجربة الكبرى ، من وجهة النظر هذه ، فلسفة للطريقة الباسكالية عبر عنها بقوة ليون برونشفيك Léon Brunschvicg وبيير بوترو Pierre Boutroux .

ويتزع العلم الحديث الى اعطاء ديكارت الحق ، على الاقل لديكارت المجهول . وتنطلق النظرية الفيزيائية من التجربة لتعود اليها وهي تصوغ التنبؤات . ولكن في هذه الاثناء تبدو هذه النظرية حرة في مراقبة ما لا يمكن ملاحظته ومراقبة كل العناصر المجردة المفيدة في تحليلها ، واذا بدا هذا ثقيلًا في بعض الاحيان ، الا انه لا يعتبر اقل فعالية ، ولا اكثر غموضاً من اعطاء الافضلية للمعلومات العامة .

IV - المدرسة الديكارتية

لقد كان ديكارت يعرف انه لم يعالج الا العموميات في الفيزياء ، ولكنه ظن انه وضع وصاغ المبادئ بشكل دائم ان لم يكن نهائياً . ولهذا دعا ، في مقدمة الطبعة الفرنسية لكتابه « المبادئ الفلسفية » ، انصاره الى مهمة تحريرية :

« اعلم انه قد تمضي عدة قرون ، قبل ان تستخرج من هذه « المبادئ » كل الحقائق التي يمكن استخراجها منها . ذلك ان غالبية الحقائق الباقية للكشف ، تتعلق ببعض التجارب الخاصة ، التي لا يعثر عليها بالصدفة ، بل يجب البحث عنها باعتناء . وكرم من قبل اشخاص اذكيا جداً . » .

ان الفيزياء الديكارتية علمت اولاً في اوترخت ثم في ليد . وكان اول استاذ ديكارتي ، رينيري Reneri ، قد عاش بحذر في الظل ، ظل الفيلسوف . وبدأت المتاعب مع رجويس Regius ، الذي نشر في امستردام سنة 1646 « الفيزياء الاساسية » (فوندا مانتا فيزيا) فأنكره ديكارت . وبمب الاعتراف اذا كانت متافيزياء ديكارت قد بترت جداً من قبل رجويس فان المدرسة ظهرت من جديد في كتابه ومعها موكبها من الاشكال والتحويلات والصفقات .

وفاء للذكرى المعلم ، جهد كليرسيلي Clerselier في نشر رسائل ديكارت ، فظهر منها ثلاثة مجلدات سنة 1657 و1659 و1666 . واطال كليرسيلي ، بمقدار ما اسعفته قواه ، مع الاستعانة بشروح روهولت Rohault ، النزاع الذي قام بين ديكارت ، في حياته ، وبين فرمات بشأن النموذج

الميكانيكي، المرتكز على نشاكلية [شبه في الشكل] دقيقة اعطاهما، في كتابه « ديوبترك » قوانين حول الانعكاس والانكسار.

روهوولت - ولكن اكبر استاذ في العلم الديكارتي كان جاك روهولت ، الذي ساد كتابه « الفيزياء » (1671) طيلة ستين سنة ، وكان يدرس عادة في كمبريدج حتى زمن نيوتن .

شرح روهولت طريقة ممتازة بشرت بالقرن 18 ، وقد شجب بأن واحد التجريبية الخالصة وكذلك الانتكال المطلق على العقل . وقد ميز بين ثلاث فئات من التجارب: التجارب التي تقتصر على مجرد شهادة الحواس، والتجارب المفتعلة ، انما التي لا تستطيع معرفة ما يمكن ان يحصل او ما يمكن ان يعرف . واخيراً التجارب التي يتوقعها التحليل العقلي . واذا كانت هذه الاخيرة هي الاكثر نبلاً والاكثر فائدة بالنسبة الى الفيزيائي ، فلا يعني ذلك وجوب احتقار الشكلين الاولين للتجريب .

وبقي روهولت ديكارتيّاً فيما يخص تعريف ودراسة انعدام الفراغ . لقد برر مبدأ الجمود ببراهين استمدتها من غاليليه ومن ديكارت . وقواعده حول الصدمة تبدو ايسط واصح من قواعد ديكارت ، ولكنها لا تترجم بأمانة إلا حالة الصدمة غير المطاطية . أما الهيدروستاتيك عنده فيلتزم بهيدروستاتيك باسكال في كل ما يخص تجارب الفراغ . ولكن تأويله يقو، ضمن الروحية الديكارتية : هناك مادة حقة فوق الزئبق في انبوب البارومتر.

ويشير روهولت الى الملاحظات عبر الميكروسكوب، وبصورة خاصة الى التفصيلات التي تكشفها لنا هذه الملاحظات حول تشريح ليمونة، لكي يبرر اللامحوظات في الاولية الديكارتية . وهكذا يرفض « ان يقع في ضعف اولئك الذين يجحدون نافهاً كل ما يعرض عليهم من الاشياء التي ليس لها علاقة بافكارهم الخام ، عندما يكلمون عن مادة مرهقة يفتح تحركها وصغرها المجال امامها ويعطيها اينما كان مكانة ومقاماً » .

ان علم نشأة الكون (كوسموغوني) عند روهولت ينطلق من ثلاثة عناصر ديكارتية ولكن نمذجها مبسط .

درس روهولت بالتفصيل كل ظاهرات التوتر السطحي : العدسات المقعرة ، صعود السوائل في الانابيب الشعرية . قال تينينج بهذا الصدد : « لا اعرف الا الانابيب الصغيرة انابيب روهولت التي تستحق اسم الاكتشاف الديكارتي » . ومدح فلورين بيريه Florin Périer وروهوولت Rohault بما يشبه ذلك في مقدمته لكتيب باسكال التي نشرت بعد وفاته .

وقد خدمت هيزياء زوهولت ، الانفة والواضحة في كتابتها ، والسهولة التناول امام جمهور كبير من الناس، اقول خدمت القضية الديكارتية ، اكثر مما هو مطلوب ، بحيث انها شكلت عائقاً جدياً صد قبول ميكانيكيات جديدة اكثر تجريباً واعمق علماً .

تجيب الاشارة، الى جانب روهولت ، الى ريجيس Régis الذي فاق نشاطه الفلسفي نشاطه

العلمي باشواط . كان ريجيس عالماً موسوعياً، وميسراً ممتازاً للعلم . فقد عرف ان يلحق بالديكارتية الموسوعة الوقائع الاخيرة المعروفة بفضل التجربة . وقد ساعد بما له من سلطة في تدعيم مركز الديكارتين، رغم الاضطهادات الرسمية ورغم مقاومة الجسم التعليمي .

مالبرانش Malebranche - يعتبر مالبرنش المفكر الكبير الوحيد الذي نهج النهج الديكارتية في عصره . واذا كان قد بقي أميناً لطريقة ديكارت وليادته، فانه اعطى لنفسه الحق بان لا يعتبر ديكارت معصوماً . فيقول : هناك حالات اخطأ فيها هذا الرجل العظيم . وبينها هو يقول : « عند قراءة كتب ديكارت . . يجب ان لا نصدق شيئاً مما يقول الا اذا اجبرتنا الحقيقة على ذلك » . واذاً فرفض اي شيء بدون فحص يعني سلوك منهج ديكارت

لقد خالف مالبرنش .. وبالنسبة الى نسبية الحركة، لا يعتبر قوله تقدماً . وعن عمد تناظرية ديكارت، اي التناظرية التي وضعها بين السكون والحركة . فمالبرنش يرى ان السكون ليس الا « مجرد حرمان » لا يفترض على الاطلاق وجود ارادة ايجابية عند الله . وبالمقابل تقتضي الحركة « فعالية »، اي ارادة ليست الا للخالق .

ثم انه لا بد، من جهة اخرى، من سبب اخر غير مجرد السكون النسبي لاجزاء جسم صلب، من اجل تفسير التماسك . وقد وجد مالبرنش هذا السبب في حركة المادة اللطيفة التي تحيط وتضغط على اجزاء الجسم . وهو يفسر بنفس الشكل المرونة والسيولة . وفي كل هذا نلاحظ قرباً من تجارب ليبنز في شبابه .

وفي موضوع الصدم يتفوق مالبرنش على ديكارت، ويأتي بعد هويجنس Huygens وواليس Wallis ورن Wren وماريوت Mariotte، اي انه تحكم بقوانين واضحة، حلت محل قواعد ديكارت المسبقة . ولكن مالبرنش حرص على ان يفسر هذه القوانين تفسيراً فيزيائياً، وفقاً للاستلزام الديكارتية :

« يقول مالبرنش في كتابه « البحث عن الحقيقة » : يبدو لي واضحاً ، ان كل جسم بذاته طوي للغاية، لان السكون لا يمتلك ابداً القدرة لكي يقاوم الحركة ، وبالتالي ان اي جزء من اي جسم اذا دفع اكثر من الاجزاء المجاورة له فانه يتفصل عن هذه الاجزاء الباقية . بحيث ان الاجسام الصلبة لا تبدو كذلك الا بفعل ضغط المادة غير المرئية التي تجاور هذه الاجسام والتي تتسرب الى مسامها . . واذاً يجب ان ينظر الى الاجسام التي تسمى صلبة كما لو كانت طرية . على الاقل الى اللحظة التي يكون فيها ضغط المادة اللطيفة كاملاً يحمل هذه الاجسام متماسكة » .

ومالبرنش بهذا يزايد على فيزياء ديكارت، إلا أنه يستفيد من فيزياء هويجنس، فيستخدم الاغصير او الدوامات بعد ان يستكملها ويضعها موضعاً لا نهائياً، في التفصيل . ان حركة المادة الاثرية لا تقتصر على الدوامات الكبرى التي تجر معها الكواكب حول الشمس، او التوابع حول الكواكب . وفي التفصيل الاخير تدور المادة بشكل دوامة سريعة جداً ، ولما كانت المادة تقسم الى ما لا نهاية له ، ولما كان السكون خالياً من الحركة فان الدوامات الصغرى هي التي تضطر بفعل مقاومتها المتبادلة ان تتعادل

فيا بينها، وان توازن حركاتها التي تؤمن تماسك الاجسام الصلبة فتضغط على اجزائها . وهكذا نجح مالبرنش بابراز نظام حق للعالم بفضل نموذج دوايمي مزود ببيكلية رياضية لا تعرفها الدوامات او الاعصار الديكارتى.

« يقول مالبرنش : استطيع ويحق ان اصغر بملايين الملايين اقطار الدوامات الصغرى، اي بكلمة استطيع ان اعطيها صغراً لا حدود له، الامر الذي يعطيها قوة نابذة الى ما لا حد له » .

لقد قبلت الكلمة : انها القوة النابذة اي الهاربة من المركز، هي التي تجعل الدوامات الصغيرة عناصر كاملة 'المرونة' مزودة بطاقة رهيبية ، عناصر تفسر الظواهر الطبيعية : اثار الرعد، بارود المدافع وكذلك توليد النار ثم التفاعلات الكيميائية .

وتبدو المجاذبية في نظر مالبرنش ظاهرة هيدروستاتية لها مركز في وضع الكتل الاعاصيرية بقرب مراكز الدوامات الكبرى .

٧ - هويجن

كان هويجن ابن رجل ادب . وكان هذا الاب صديقاً ومعجباً بديكارت . ويفضل هذا الوسط المميز وضيع هويجن على عتبة البحث باكراً . وقد ذكر بنفسه، في اواخر حياته، كيف ان الاطلاع المبكر على الفيزياء الديكارتية قد طبعت بفاعته .

« لقد وجد مسيو ديكارت الوسيلة لكي يجعل من ظنونه واوهامه حقائق . وقد حدث لاولئك الذين قرأوا « مبادئه الفلسفية » شيئاً شبيهاً لاولئك الذين يقرأون القصص السارة التي تحدث نفس اثر الوقائع الحقة . وجدة صور جزئياته واعاصيره تعتبر تسلية في كتابه . وقد خيل إلي وانا اقرأ هذا الكتاب « المبادئ » اولة مرة ان كل شيء في العالم يسير على افضل ما يرام ، وظلنت، عندما كنت اغتر على بعض الصعوبات ، ان الخطأ مني ، بانى لم افهم فكره . فقد كان عمري بين 15 و16 سنة . ولكني بعد ان عثرت من وقت الى آخر على اشياء ظاهرة الخطأ، وعلى اخرى غير معقولة ، فقد تراجعت عن الاهتمام الذي كنت فيه نحوه » .

قوانين الصدمة وانتقاد ديكارت - منذ 1652 اخذ هويجن يشك في صحة قواعد ديكارت حول الصدام بين الاجسام ، كما لم ترضه التفسيرات التي تلقاها من 'شوتن Schooten'، الديكارتى المتزلم ، حتى انتهى به الامر الى التصريح في 29 تشرين اول 1654: «إذا كانت كل قواعد ديكارت، باستثناء الاولى، غير صحيحة فذلك لانني لا اعرف التمييز بين الخطأ والصواب » .

لم يعثر هويجن ايضاً على الصواب، في رايه، في كتب ماركوس مارسي دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland، بعد ان عثر عليه في اترنيس في حزيران 1654. اذ ليس من المؤكد ان تكون القراءة التي قام بها مباشرة، في هذه الكتب، حول الصدمة التي تقع في الاجسام ، كانت بالنسبة اليه

بدون نتيجة ، ان تحليلات عالم براغ تركز على ظاهرة الصدم بالذات التي تجرح ، يخلل وقت قصير جداً ، الاجسام التي تتلامس وتحمل على التمييز بين الاجسام الطرية والصلبة ، علمياً بان هذه الاخيرة تنقسم الى ركيكة (زجاجية) ونامة الصلبة (ضوئية) . واذا ظلّ تجريدياً خالصاً ومبهماً الاسلوب الذي استقى منه ماركوس مارسى Marcus Marci الدفع الذي تسبب الصدمة ، عند تحليله للتشوهات والتغيرات في الشكل ، فان هذا الاسلوب يمتاز بانه يعارض المعالجة الجيومترية الخالصة للمسألة ؛ وانه يدخل فكرة الجرم ، والعلاقة بين الاجرام كعناصر مميزة من شأنها التمكين من وضع بناء نظري . كما ان هذا الاسلوب ينطبق ايضاً على الحالات التي يكون فيها احد الاجسام في البداية ، في حالة سكون فيعطيه قيمة مثلية قد يكون لها أثر على مبدأ النسبية التي طبقها هويجنس بعد عدة سنوات . ومهما يكن من أمر فان هويجنس أسر في 2^ت 1657 إلى شووتن Schooten بما يلي : « استلكت قواعد اكلية (حول صدم الاجسام) ، ولم يعجبني شيء أكثر من ان اراها تنطبق على التجربة » . ولكن كان من الواجب انتظار المسابقة المفتوحة من قبل (الجمعية الملكية) في سنة 1666 ، للحصول على الحل الذي وضعه هويجنس وهو حل لم يرسله إلا بعد تأخير ، وبعد الحلول التي قدمها واليس Wallis ثم رن Wren .

وقدم واليس Wallis قوانين صحيحة عن صدمة الاجسام الصلبة (أي المحرومة من المرونة) أما رن Wren فقدم قواعد الصدمة المرنة ، دون ان يدعمها بتيان حقيقي . أما مذكره هويجنس الأكثر علمياً فقد عالجت ايضاً الصدمة المطاطة المرنة . وذلك انطلاقاً من مبدأ الجمود ، من مبدأ النسبية ، وبحسب البديهة التي تقول ، ان جسمين متساويين تحركهما قوتان متساويتان ، يصطدمان مباشرة فيقفزان ، كل واحد منهما بالسرعة التي يمتلكها ، اما مبدأ النسبية التي اشار اليها هويجنس ، فيقوم على الافتراض بان ظروف الصدمة كانت هي ذاتها ، في مرجع معتبر ثابتاً ، وفي مرجع متحرك ، يحركه بالنسبة الى الاول انتقال مستقيم وموحد ، وبفضل هذا المبدأ استطاع هويجنس ان يرد كل حالات صدم الاجسام المتساوية ، الى حالة التناظر ، التي هي موضوع البديهة المشار اليها اعلاه . اما المسألة العامة ، مسألة صدم جسمين غير متساويين ، فقد تخلف هويجنس ، وكذلك رن عن اعطائها التبيان اللازم الذي لم يظهر الا في كتابه الذي صدر بعد وفاته : « موتو كوربوروم 1700 » .

وقد عاد ماريوت الى نظرية الصدم في كتابه المسمى « معالجة الردة او صدمة الاجسام »

1673

ودون ان يجلد ماريوت Mariotte بصورة اساسية في الاعمال السابقة ، فان كتابه هذا يتميز باتجاه واضح التجريبية . واقنع ماريوت عن الاجسام الصلبة ، تماماً بالمعنى الذي اراده واليس Wallis ، ولم يحتفظ إلا بالاجسام المرنة الشديدة المطاطية ، والمرنة بدون مطاطية أي الطرية جداً . وقد تميز ماريوت ايضاً بأنه اشار بان كمية المادة من جسم ما وليس وزنه هي التي تتدخل في ضخامة كمية الحركة ، وبالتالي في الصدمة . واهتم ماريوت ايضاً في البحث عن مراكز الارتداد .

القوة النازعة والثقل - تعود الى هويجنس والى اكتشافه الاساسي لقوانين القوة النابذة . ويبدو انه

قد جرُّ الى هذا البحث بفعل قراءة غاليلية وديكارت، وايضاً بفعل الرغبة العملية في بناء ساعة ذات رقائق مخروطية .

واكتفى هويجن في حياته بان ينشر في نهاية كتابه الكبير : اورولوجيوم أوسي لانورويوم - L'Horo-logium oscillatorium (1673) ، «(الاعلان عن 13 اقتراحاً حول القوة النابضة او النازعة عن المركز . ومع ذلك فقد كتب بعد 1659 بحثاً « في سترينفوجه » De vi Centrifuga وهذا الكتاب لم يظهر الا في سنة 1703 .

ومن اجل دراسة النزعة النابضة لجسم مربوط في دولا ب يدور، لجأ هويجن الى نقطة ارتكاز فعلية مرتبطة في الدولا ب. ودلت اعتبارات جيومترية خالصة، بان الجسم اذا فرض انه ترك في نقطة A من الدولا ب (وهرب عن طريق المماس) فانه يرسم في بداية هذه الحركة وبالنسبة الى النقطة A التي تدور مع الدولا ب فضاءات تتزايد تزايد مربعات الاعداد الصحيحة المتتالية : 1، 4، 9، 16، 25، ... وإذا فكينانتوس Le Conatus الجسم المربوط بدولا ب دائر هو نفسه كما لو كان هذا الجسم يتزع الى التقدم وفقاً لشعاع حركة متناسقة التسارع . ومن هنا تنبثق القوانين الكمية في ما يسمى Vis centrifuga ، التي تعتبر في المرجع الدائر، وفي نظر هويجن، قوة حقة كحقيقة الجاذبية الارضية .

في البحث عن مبدأ حفظي - صرح هويجن في كتابه حول الساعة ذات الرقائق « اورولوجيوم أوس لانورويوم » L'Horologium Oscillatorium : « إن العالم الكبير مرسين أعطاني كما أعطى غيري ، عندما كنت طفلاً صغيراً ، البحث عن مراكز الأرجحة أو الاضطراب » . ان نقطة الانطلاق عند هويجن في هذا البحث سوف تكون مبدأ توريشلي Torricelli ، المعمم على عدد من الأجسام الثقيلة ويقول آخر في كل حالات الأرجحة في الفراغ ، تصعد نقطة الثقل النوعي في النظام ، تماماً الى الارتفاع الذي سقطت منه . فضلاً عن ذلك قال هويجن بحفظ ما سماه لينيز بالقوة الحية ، في كل صدمة مطاطية . هذه الاعتبارات الطاقوية الأيسر جداً من الطريق التي سلكها ديكارت وروبرفال ، سمحت لهويجن ، بعد ان كان قد جرب بحذر أنظمة يتزايد تعقيدها ، بأن يحل هذه المسألة حلاً عمومياً ، وذلك بعد 1664 بالاستناد الى المخطوطات التي تركها . ولم ينل هويجن موافقة اجماعية من قبل معاصريه . وقد دخل ، في هذا الموضوع ، في نقاش كلامي مع الأب كاتيلان ، ومع جاك برنولي ومع مركز ديلويتال de L'Hospital .

وقد عاد هويجن ، الذي جرب في كل عمله الميكانيكي ان يدعمه وان يضيخه غاليليه ، عاد الى تبين قوانين سقوط الاجسام ، مدخلاً في كل لحظة غير قابلة للانقسام زمنياً ، تركيب السرعة المكتسبة ، وتركيب السقوط الجديد للاجسام .

نظرية الرقائق - عالج هويجن بواسطة هذه القوانين نظرية الرقائق . فقد عرف مع مرسين Mersenne ، وعكس تأكيدات غاليلي ، ان تواقت أرجحات الرقائق الدائري محدود ومقصود على الأرجحات الصغيرة .

بحث هويجين في تحديد مدة نزول الرقاص ومقارنتها بمدة السقوط الحر . ومن اجل حساب هذه المدة بواسطة طريقة الانقسامات ، أحل هويجين محل قوس الدائرة التي يرسمها الرقاص البارابول المماسي في النقطة الأسفل . وقد حصل بالتالي على مدة من التأرجحات الصغيرة في الرقاص . ولكن هذه النتيجة لم ترض هويجين لا كجوميترى ولا كساعاتي . فقد أراد ساعة تتوافق مع أي مدى كان . ولهذا يتوجب وجود نقطة في مكان محدد بدقة فوق خط البارابول وقد حله هذا الى إبدال الرقاص الدائري بالرقاص الدويري (cycloidal) بعد أن قدم نظرية كاملة عنه وبالموازاة بين ساعات ميكلويدية في سنة 1657 .

نسبية الحركة بين غاليليه ونيوتن - لم يتقطع هويجين في كل حياته العملية عن التفكير في الموضوع الديكارتي حول نسبة الحركة ولهذا بدأ بمعارضة النسبية بالنظر الى الانتقال المستقيم المتسق (ويسميه الحركة المستقيمة) بالصفة الضمنية الداخلية للحركة الدائرية : « إن الحركة المستقيمة ليست الا نسبية بين مختلف الاجسام . والحركة الدائرية هي شيء آخر ولها مركز (؟) لا يوجد للخط المستقيم » وكان هذا المعيار بالنسبة الى هويجين ، توتر خيط تحت تأثير القوة النابذة لجسم مربوط بهذا الخيط .

ولكن فيها بعد وبعد أن اطلع على مبادئ نيوتن ومعارضة لمطلقات نيوتن عاد هويجين ، في موضوع النسبية الى الطرح الديكارتي :

« ليس بالامكان بأي شكل من الاشكال تصور الحركة الحقة والطبيعية لجسم صحيح وكأنها تختلف عن سكون هذا الجسم . وفي الحركة الدائرية كما في الحركة الحرة والمستقيمة ايضاً ، لا وجود الا للامر النسبي » .

ويعتبر عمل هويجين الحلقة الاسامية بين غاليليه ونيوتن ، ويقدم هذا العمل مثلاً اول عن علم متخلص تماماً من عقائد « المدرسة » : ويعتبر هويجين مثال الفيزيائي : دقيق جداً في مراقبة الوقائع ، الا انه لا يتصور التجربة الا في خلعمة العقل .

VI - المدرسة الانجليزية بين ديكارت ونيوتن

في حوالي سنة 1650 انتشرت الفلسفة الديكارتية انتشاراً واسعاً في انكلترا . الا ان التيار الفكري الذي ساد في هذا البلد كان مختلفاً تماماً عن التيار السائد في القارة : فقد كان بآني واحد مادياً اكثر ، وذات نزعته تجريبيّة أقوى ، كما كان اكثر لاهوتية .

وكان هوبز Hobbes يعتبر بطل الاولية الكاملة ، وذلك برفضه ما تضمنته طروحات ديكارت ، من روحانية ولو ظاهرة على الأقل .

إن الانسان يمكن أن يفسر بلغة الميكانيك . والرؤية تحصل من جهدين (أوكوناتوس Conatus)، أحدهما خارجي ، يأتي من الشيء ، في حين ينشأ الآخر فينا . ويحدث الصدام استيهاما ماعاه هوبز بعمل الرؤية .

والفضاء ذاته هو وهم لا نرى فيه شيئاً الا انه خارج منفصل عنا . والحقيقة المطابقة هي . « الامتداد » الميزة الاساسية في الاجسام .

في الطبيعة ، توجد حركة ، ولكن لا يوجد زمن ، لان الزمن هو مجرد مرتكز على الذاكرة وعلى الاستباق .

والحركة لا يمكن ان تكون مفعولاً عفويّاً " فالجسم لا يتقل من السكون الى الحركة دون مجرّه جسم آخر مجاور له .

وهوبز Hobbes متفق مع ديكارت في رفض الفراغ . وتعمير الفضاء كله بالاثير .

وحاول هنري مور Henry More وهو افلاطوني من كمبريدج ان يدعم ، في مواجهة مادية هوبز ، حقيقة ازالية الجوهر الروحانية . ضد ديكارت ، رغم اعتباره اياه كأول مفكر في عصره ، رفض مهادمة المادة مع الاتساع . واخيراً ، واكثر من ديكارت ايضاً اصر على وجوب الحاجة الى تصور ديني لنشأة ولدوام ادارة العالم : وهذا ما سماه « روح الطبيعة » المفروضة من سلطة الله على المادة .

كان مور More مقتنعاً بوجود فضاء مطلق متسق وغير قابل للتغير ، هو اطار ضروري للحركات . وهذا الفضاء هو جوهر روحياني ، يعطيه مور كما يعطي الخالق الصفات التالية : « البساطة الازلية الابدية الكمال الاستقلال الوجود ، البقاء بالذات ، عدم الفساد ، الضرورة أو الوجود ، الاتساع والضخامة ، غير مخلوق وغير محدود ، بدون حدود ، دوام الوجود ، اللاجسمية ، النفاذ ، الشمول ، لكل الاشياء الجوهرية ، الحضور ، الحقيقة المطلقة » .

ومع روبر بويل Robert Boyle نعود الى قزياء اكثر تعديداً . فبويل يعتبر ديكارت وغاسندي Gassendi كمعلميه ، دون ان يتم بخصامهما ، بدا ذريعاً ونادى بقزياء جزئية ، تنسجم مع المبادئ الديكارتية . وهو مؤمن بوجود اثنتين مختلفتين في الكون . الاول ينقل الاعمال الميكانيكية ، كما تنتقل الاجزاء عند ديكارت والثاني ينقل الأعمال المغناطيسية وفقاً لاسلوب جلبرت Gilbert .

ولا يكتفي بويل Boyle بالاسباب الفعالة وحدها . ان العلم التجريبي عاجز عن اعطائنا تفسيراً للاشياء . وهذا التفسير يجب ان يفتش عنه خارج الاولية : من الواجب اللجوء الى (فاعل) ذكي يتحكم بكل الاشياء .

واذا كانت المدرسة الانكليزية في عصرها لم تعلن قوانين وضعية كالثي وودت في ميكانيك نيوتن ، فان الميتافيزيك الذي استعمله نيوتن فيها بعد ، قد سبق ورسم ان لم يكن قد حدد .

VII - نيوتن

يعتبر عمل نيوتن الذي فتح امام الديناميك حقل نظام العالم ، ثمرة قلرة عجيبة عل التجريد في خدمة الفكر الفيزيائي .

المفاهيم النيوتونية وقوانين الميكانيك - تبدأ « الفلسفات الطبيعية والمبادئ الرياضية » ، التي صدرت من كلية التريتي Trinity، في كمبريدج ، في 8 أيار سنة 1686 ، بتعاريف ويقواعد او قوانين حول الحركة تشكل القانون الاول الذي رسم لعلم الميكانيك .

وفي هذا الكتاب يبدو مفهوم الجرم تحت اسم « كمية مادة » . ويواسطة هذا المفهوم عربي نيوتن كل الاجسام من كل الصفات الغريبة عن فيزيائه الرياضية . وبالمقابل تحفظ في استخدام فرضية الاثير لكي يمكن كل المسائل التي استطاع ان يربطها بفكرة الجرم .

وتتحدد كمية الحركة بحاصل ضرب الجرم بالسرعة والقوة المحرصة تتناسب مع الجرم ، وهي تميز عن جودية المادة . اما القدرة التأثيرية (Vis Impressa) فهي العمل الذي بوجبه يمكن لحالة جسم ما ان تتغير ، سواء كانت هذه الحالة الحركة المستقيمة والمتسقة او كانت سكوناً . وهذه القدرة التأثيرية يمكن ان تحدث بفعل المصادمة او التصادم ، والضغط او بفعل القدرة الذاتية (Vis Centripeta) وهذه القوة الاخيرة هي القوة التي تدفع بجسم ما نحو مركز ما . انها فعل مسافي . في حين ان القدرتين الأوليين هما فعلا مس .

ويميز نيوتن ايضاً بين الكميات المطلقة ، المسرعة والمحركة في القدرة الذاتية المركزية . ان الكمية المحركة هي التي تتدخل في القانون الاسامي للحركة .

وسواء تعلق الامر بالوقت او بالفضاء او بالمكان او بالحركة ، يطلب نيوتن التمييز ، امام هذه المفاهيم ، بين المطلق والنسبي ، بين الحقيقي والظاهر بين الرياضي والعامي . والمطلقات النيوتونية ، الزمن والفضاء هما مطلقات مدرسة كمبريدج : الفضاء المطلق كما فهمه هنري مور Henry More ، ويصورة مباشرة ايضاً الزمن المطلق كما فهمه اسحاق بارو Isaac Barrow .

والى جانب الزمن المطلق يدخل نيوتن الزمن النسبي الظاهري العامي والى جانب الفضاء المطلق ، النسبي الذي هو من نفس طبيعة الفضاء المطلق إلا أنه يختلف عنه « بالعدد » .

والحركة بالنسبة الى نيوتن هي نقل جسم من مكان الى اخر . وهي مطلقة اذا كانت الامكنة المعتبرة مطلقة ايضاً ، وهي نسبية اذا كانت هذه الامكنة نسبية .

ولكي يتوصل نيوتن الى الحركة الحقيقية والمطلقة في جسم من الاجسام الف الحركة النسبية في هذا الجسم في المكان النسبي حيث ينظر اليه مع الحركة النسبية بهذا المكان بالذات في مكان اخر حيث

يوضع ، وهكذا دواليك ، شيئاً فشيئاً ، حتى يتم الوصول الى مكان لا يتحرك اي الى مرجع او مرتكز الحركات المطلقة .

وعلى هذا فالحركات الظاهرة هي فروقات الحركات الخفية في حين ان القوى هي الاسباب وهي مفاعيل الحركات الخفية . وهكذا تنزى القوة بسمة مطلقة .

ويعتمد نيوتن. كمركز مطلق ، عاود تركيز على الشمس وموجهة رؤوسها نحو النجوم الثوابت . في هذا الاطار تكون الحركة الدائرية المطلقة حركة حقة ، وهو استنتاج سوف يرفضه هويجنس فيما بعد كما قلنا . واول قانون للحركة اعلمه نيوتن هو قانون الجمود : كل جسم يستمر في حالة السكون او في حالة الحركة الموحدة التي هو عليها ، ما لم تجبره قوة على تغيير حاله .

والقانون الثاني ينص ان التغيرات الطارئة على كمية الحركة تتناسب مع القوة المحركة ، ومحدد باتجاه هذه القوة : فلو فرضنا ان m هي الجرم \vec{v} هي السرعة و \vec{F} هي القوة و t هي الزمن فان هذا القانون يكتب بالترقيم الحديث $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$ (تغير \vec{v} direction d) .

والقانون الثالث يكمن في مبدأ تساوى الفعل وردة الفعل ، في اعمال جسمين يتفاعلا ولكن هذا القانون غير ذي قيمة في اعمال التماس . الا ان نيوتن يشمل الانفعال من بعيد .

ويقدر نيوتن غاليليه ، لجهة القانونين الاولين للحركة . في مجال قوانين الصدم يذكر ان سابقه هم رن Wren وواليس Wallis وهويجنس Huygens وماريوت Mariotte . وقد قام نيوتون بنفسه بتجارب دقيقة حول اصطدام رقاصين ليتأكد من تساوي الفعل وردة الفعل ، دون ان يستبعد الصدمات المطاطية بصورة غير كاملة ، حيث لا تحفظ السرعة النسبية الا ضمن حدود تقريبية (معامل ترجيع عند نيوتن) .

الميكانيك ونظام الكون عند نيوتن - بواسطة هذه المفاهيم وهذه القوانين ، يلزم نيوتن في كتابه المبادئ كمية عجيبة من التبينات الرياضية معروضة وفقاً للطراز الجيومتري ، رغم ان اداة الاكتشاف كانت في بعض الاحيان حساب التدفقات او ما يسمى بحسابات التفاضل .

ولا يمكننا ان نفكر في تحليل عمل نيوتن الكبير تفصيلاً ، في الكتاب الاول يبين نيوتن انه بوجه عام ومطلق تكون حركة نقطة بتأثير من قوة مركزية ، مسطحة ، وتتم وفقاً لقانون المساحات - وهو قانون سبق ان وضعه كبلر ، في حالة الدائرتين المتخارجتين المركز ، واشمله المدار الاهليجي - اي ان الشعاع الذي يجمع النقطه المادية الى مركز القوة يمسخ او يرسم سطوحاً متساوية في ازمته متساوية .

ثم حدد فيما بعد بتحليل جيومتري بسيط ومباشر قانون القوة المركزية التي بموجبها يمكن رسم منحنى معين .

وبصورة خاصة اذا كان المنحنى اهليجاً ، واذا كان مركز القوة يمثل بؤرة في هذا الاهليج فان القوة تكون متناسبة عكساً مع مربع البعد عن المركز .

ان حركة الاجرام السماوية تدخل هنا ولاول مرة ضمن ديناميك دقيق .

يتضمن هذا الكتاب أيضاً قواعد حول تجاذب الكرات، قواعد تتيح رد حالة الجسم الكروي المتناسق او المتكون من طبقات وحيدة المركز ومتسقة ، الى حالة نقطة مادية .

ويعالج نيوتن في الكتاب الثاني حركة جسم في وسط مقاوم، باعتبار ان المقاومة تتناسب مع السرعة او مع مربع السرعة. كما وضع نظريات حول مقاومة السوائل معتمداً نسبياً مقاومة هذه السوائل. مع مربع السرعة. ويبحث في الجسم المتحرك ذي المقاومة الدنيا مع فكرة تطبيق هذه القاعدة في العمارات البحرية. ودرس سرعة انتشار الموجات، سابقاً بذلك لابلاس La Place. وقد ميز بوضوح مفاهيم المائع الكامل غير القابل للضغط عن المائع اللزج، (مع تعريف دقيق لتوتر اللزوجة) وايضاً الموائع القابلة للضغط. وقد تعمق نيوتن في دراسة مسار القذائف او المنحنى وبين بشكل مباشر وواضح وجود خط تقارب مع هذا المنحنى مهما كانت قوة السرعة التي تتناسب معها المقاومة .

ويعالج الكتاب الثالث نظام الكون. ويبدأ (بعد الطبعة الثانية التي نشرت سنة 1713) بقواعد فلسفية، وينتهي بالظواهرات (التي هي رصدات فلكية) . ثم ينتقل الى المقترحات وينتهي بسلم عام يفسر لاهوتية المؤلف ويتضمن التصريح الشهير بفرضيات *non fingo* .

ويدرس نيوتن فيه حركة التابعات لكوكب ما وحركة الكواكب حول الشمس على اساس الجاذبية الكونية. وبين كيف انه يمكن استنتاج العلاقات بين اجرام الكواكب وبين جرم الارض . وحدد الثقل النوعي للارض بين 5 و6. (القيمة المقبولة اليوم هي 5,5). كما رقم جرم الشمس وجرم الكواكب التي لها توابع. وقدر اتباع الارض بـ $1/23$ (مقابل $1/297$ المقبول حالياً) واعطى اول حساب يفسر مبادرة الاعتدالين، ودرس التغير بحسب ارتفاع تسارع الجاذبية الارضية، كما عرف بالشذوذات الرئيسية في حركة القمر، وهي شذوذات تعزى الى جاذبية الشمس، كما وضع اسس نظرية المد والجزر واخيراً بين ان مسار المذنبات يفسر بجذب الشمس ووضح كيف يمكن حساب الظروف لعودتها ويبدو مجموع هذه الاكتشافات التي تلاحظ لمسار اللاحق لكل ميكانيك السماء ، بشكل عجيب حقاً .

الفلسفة العلمية لنيوتن - نعود لحظة الى « القواعد الفلسفية » التي وضعها نيوتن في مطلع كتابه الثالث. فالقاعدتان الاوليان يقصد بهما فقط تحديد عدد الاسباب المأخوذة في الاعتبار لتفسير الظواهرات . اما القاعدة الثالثة فتهدف الى تذكية التشابه المولد ويقوم على اعطاء كل الاجسام بوجه عام الصفات التي هي من خصائص كل الاجسام التي خضعت للتجربة. ويفضل هذه القاعدة برر نيوتن، بالمقارنة مع الجاذبية الارضية ومع جاذبية القمر على الارض الخ، تأثير الجاذبية الكونية. هذا دون ان يجعل من الجاذبية صفة اساسية في المادة، وذلك بسبب تغيرها بتغير المسافة .

وتفيد القاعدة الرابعة ان الاحكام الحاصلة بالاستقراء انطلاقاً من ظواهرات ما، هي دائماً عرضة لاعادة النظر بفضل تجارب جديدة، لا بفعل فرضيات جديدة معاكسة .

وطالب نيوتن، متنبهاً بفعل الاعتراضات المحقة التي وجهت اليه من قبل الديكارتيين، بشأن نظامه حول العالم ، بحريه مراقبة بالتجربة فقط في هذا المجال .

وبوضوح اكبر ايضاً ، صرح نيوتن في « سكوليوم جنرال » Scholium generale الذي ورد في كتابه « المبادئ » (ابتداء من الطبعة الثانية) بأنه لم يكن يريد وضع فرضيات :

« لقد شرحت حتى الآن الظواهر السماوية، والظواهر في البحر، بواسطة قوة الجاذبية، ولكن لم أورد، في أي مكان، سبب هذه الجاذبية .

وحتى الان لم اتوصل ايضاً الى ان استخلص من الظواهر سبب هذه الخصائص . خصائص الجاذبية، ولا التحميل فرضيات على الاطلاق لان كل شيء لا يستخلص من الظواهر هو مجرد فرضية : والفرضيات، سواء كانت ميتافيزيكية ام فيزيائية ام ميكانيكية، او متعلقة بالصفات الحفية، يجب ان لا تستقبل في الفلسفة التجريبية .

في هذه الفلسفة ، تستخلص الاحكام من الظواهر ثم تعمم بالاستقراء .

ورغم هذا الاعتراف الوجداني الاجمالي، فقد حصل لنيوتن، في « المبادئ » بالذات ان خرج على موقف « الفرضيات » لا تفترض (Hypotheses non fingo) وعلى القواعد التي حددها بنفسه بشأن كل حدس وكل مشابهة تعميمية . نعطي لذلك مثلاً :

« ان الابخرة التي تتناثر من الشمس ومن الكواكب الثابتة ومن غلافات المذنبات ، قد تسقط بفعل ثقلها في فضاء السيارات، وفيه تتحول الى ماء والى رطوبات ، ثم بفعل حرارة كامنة ، تتغير قليلاً قليلاً الى املاح او كبريتات او ملونات او طمي او صلصال ، او طين، او وحل او وصل او حجر او صدف او غيرها من المواد الترابية » .

ان الموقف « الفرضيات لا تفترض » هو تراجع تكتيكي عند نيوتن . فقد قرف من المناظرات التي فرضت عليه في مجال البصرييات ، فإراد ان يختصر كل نقاش - لا اكراه جماهيره - فاعطى لفيزيائه اساساً تجريبيّاً متيناً ولغة رياضية خالصة .

وعلى هذا النحو، « يصبح العالم الخارجي علماً قاسياً بارداً ، بدون لون ، صامت وميت ، عالم كميات ، عالم الحركات المنتظمة انتظماً رياضياً . أما عالم الصفات النوعية المرئية مباشرة من قبل الانسان فمردود الى مرتبة ذات مفعول متدنٍ في هذه الآلة الضخمة » . (ي . آ . بورت : المؤسسات الميتافيزيكية في علم الفيزياء العصري) .

ان تكون فيزياء نيوتن الرياضية الخالصة قد نجحت ، وان تتم تعريضها من الاستقراء الذي هو في اصل نشأتها وتفرغ المطلقات النيوتونية من محتوياتها الميتافيزيكية والتبولوجية ، واستبعاد الاسباب الغالية التي تُلدِّعُ بها نيوتن وإبازها ، وتناسي كل الأشكال وكل الوظائف التي زود نيوتن بها الاثير البصري واثير الجاذبية الارضية ، تم التفاضي عن الدور الذي اعطاه للجاذبية الكونية كعميداً

ناشط، سواء على الصعيد الكوني أم على المستوى الذري، والتقبل المطلق للأعمال من بعيد التي تجازت بسرعة خاطفة الفراغات الفضائية الكبرى، ثم التوصل الى جعل الجاذبية الكونية عقيدة، كل ذلك هو تراث منتشر تماماً، ولكنه يسطر جداً تعقيدات البناء النيوتني⁽¹⁾

الواقع ان نيوتن كان عرافاً حقاً [صاحب رؤى]، لم ينفك طيلة حياته العلمية، بمحرك الفرضية بخيال الأكثر حيوية والأكثر جرأة. فنيوتن «المبادئ» السلي لا يريد اعطاء الآخرين الا اليقنيات الرياضية، يقابله نيوتن «الاوتيتكا»، الأكثر شغافية والأكثر تفسيراً للصور التي استخدمت كدعماء لفكره الخلاق..

كان الفكر الفيزيائي عند نيوتن مقروناً بشيولوجيا، يتوجب علينا ان نقول بشأنها بعض الكلام، خاصة وان نيوتن كان له في الاصل، اشياء، في هذا المجال، اكثر من اشياؤه حول فيزيائته الرياضية بالذات.

ان الترتيب الذي يسود نظام العالم هو من صنع كائن قدير وذكي. ان الله موجود «جوهرياً» في كل مكان، ودائماً. ونحن لا نعرفه الا عن طريق البنية الممتازة لاشياء وعن طريق الاسباب النهائية. ان التنوع الذي يسود كل شيء في الزمان وفي المكان لا يمكن ان يصدر الا عن الارادة الالهية وعن الحكمة الإلهية.

والفهم البشري ليس الا الانعكاس المتناهي الصغر للوجدان الالهي. ويذهب نيوتن في «الاوتيتكا» الى حد جعل الفضاء اللامتناهي «عالم الحس» (Sensorium) حيث يشاهد الله ويفهم كل الاشياء التي تعرض عليه عرضاً آنياً مباشراً.

ان تناسق الكون هو من فعل ارادة قاصدة، واختيار وليس فعل صدفة. اذ ليس لأي سبب طبيعي قدرة كافية على احداثه.

نيوتن ضد ديكارت - كان نيوتن يعرف انه سوف يواجه بطروحات الأوالية الديكارتية. ولهذا حرص على دحضها منذ البداية. ولهذا بين استحالة العثور، كمياً، على القانون الثالث الذي وضعه كبلر Kepler اذا افترضنا ان الكواكب التابعة تحملها الاغصير - مع افتراض ان الافعال المتبادلة بين طبقات الاغصير تتبع قوانين السوائل اللزجة. وكان نيوتن يعلق أهمية بالغة على هذا الدحض: «من المؤكد (صرح بهذا في السكولي في نهاية الكتاب 2 من «المبادئ») ان السيارات ليست محمولة بأغصير مادية... ان فرضية الاغصير تتعارض مع كل الظواهر الفلكية، بل هي اولى ان تنسج فيها الاضطراب، لا ان توضحها. ولكن يمكن ان نفهم من كل ما قيل في الكتاب الاول

(1) من اجل تحليل اوضح يراجع: ر. دوغاس: R.Dugas الميكانيك في القرن 17 (نيوشاتل Neuchâtel وباريس 1954)، آ. كواراي A.Koyré: من العالم للعقل الى الكون اللامتناهي (باريس 1962 ودراسات نيوتونية) (باريس 1968).

كيف يمكن لهذه الحركات ان تحدث بدون اعاصير، في فضاءات حرة. وهذا سوف يفسر بصورة افضل في الكتاب الثالث » .

في مكان آخر (اوبتيكس، Opticks كيري Query 28) وضع نيوتن ، بوجه اعم ، استحالة الحركات في « ملان » ديكاروت. فمن اجل التعبير عن الحركات المنتظمة والدائمة ، لدى السيارات والمذنبات ، من الواجب تفريغ السماوات من كل مادة وربما باستثناء بعض الابخرة النادرة جداً ، وهي وهج يتصاعد من اجواء الارض ، والكواكب السيارة والمذنبات ، ومن وسط اثري نادر جداً . . . ان السائل الكثيف لا يمكن ان يستخدم لشيء من اجل تفسير الظواهرات في الطبيعة . . . مثل هذا الوسط لا يمكن ان يستخدم الا لشل ولتأخير حركة الاجسام الكبرى وإضعاف اطار الطبيعة . ولي مسام الاجسام لا يستخدم هذا السائل الا لايقاف الارتعافات في اجزاء هذه الاجسام التي فيها تكمن حرارتها ونشاطها . ولما كان لا يستخدم لشيء ، ويعيق عمليات الطبيعة ولا يستطيع الا ان يضعف هذه الطبيعة ، فلا يوجد اي دليل على وجوده وبالتالي يتوجب رفضه » .

وقد حارب نيوتن ايضاً حفظ الحركة بالمعنى الديكاري . وفي هذا الوقت ارتكب خطأً - ربما مقصوداً - خطأ احتساب صفات الحركة حسابياً - كما سبق ان فعل ديكاروت - بدلاً من ان يوجهها . وهذا هو استنتاجه :

« نظراً للتنوع ، وللحركات المتناقضة باستمرار ، والتي نجدها في العالم ، تتأكد من ضرورة الاحتفاظ ومن ضرورة تقوية للحركة بواسطة « مبدأ ناشيط » ، مثل سبب الثقل ، وبه تكتسب الاجسام سرعات كبرى وهي نازلة ، ومثل سبب التخمير ، وبه يكون قلب ودم الكائنات الحية في حركة دائمة ، والاجزاء الداخلية للارض تبقى حارة دائماً ، وبدرجة عالية جداً احياناً ، الاجسام تحترق وتشتع ، والجبال تلتهب ، واغوار الارض تنفجر ، وتظل الشمس تدق كل شيء بنورها . اذ لا نلاقي الا القليل من الحركة في هذا العالم ، حركة ليست اثرًا من اثار المبادئ النشطة . وفي حال عدم وجود مثل هذه المبادئ ، فان اجسام الارض والسيارات والمذنبات ، والشمس وكل الاشياء ، تصبح باردة ومجمدة وتحول الى كتل جامدة لا حياة فيها . وتتوقف الحياة ، مع كل تخمر ، ومع كل خلق ومع كل استنبات وتترك السيارات والمذنبات مداراتها » (اوبتيكا ، كيري 31) .

ومهما كان ميكانيك ديكاروت واهياً ، ومهما كان ميكانيك نيوتن قوياً ، فيجب الاعتراف بان هذه الصورة الخيالية تتراجع بالنسبة الى الأطروحة الديكارتية حول حفظ الحركة ، في حين يبدو التدخل الثابت للمبادئ النشطة ، متجاهلاً لكل استقواء .

ومن الحق الاشارة بان نيوتن قد صحح هذا الحكم . وان هو زعم ، مع ديكاروت ، ان العالم لم يكن ليخرج من الفوضى الاساسية ، بفعل القوانين الطبيعية وحدها ، الا انه يقول بان هذا العالم يمكن ان يستمر « طيلة اجيال » سناً لهذه القوانين .

ولم يكن نيوتن ليجعل تنكر الديكارتيين للصفات الخفية . ولهذا حرص على التأكيد بان

التجاذب، كما يفهمه، هو صفة ظاهرة : « يقول : لا أرى [المبادئ الناشطة ، مثل مبدأ الجاذبية] كصفات خفية مفترضة ناتجة عن الشكل الذاتي للأشياء ، بل كقوانين عامة في الطبيعة ، وبها تتكون الأشياء : ان حقيقتها تبدو لنا عبر الظاهرات ، وان لم نكتشف بعد اسبابها . لان هذه المبادئ هي صفات ظاهرة ، ولكن اسبابها فقط هي الخفية . » (اويتيك ، كيري 31) .

كان نيوتن ، عندما كتب لبنتلي Bentley ، وهو أول انصاره الكهوتيين ، يخشى ان يعيل هذا الاخير الى اعتبار الجاذبية صفة بالمعنى المدرسي للكلمة .

« انك تتكلم عن الجاذبية وكأنها شيء اساسي وملزم للمادة . ارجوك لا تعز إلي هذا المفهوم لاني لا ازعم اني اعرف سبب الجاذبية ، واني احتاج الى مزيد من الوقت لكي انظر فيه » .

استقبال نيوتن في القارة الأوروبية - كان العلم النيوتني يذهب للملاقة عالم ديكارتي غير مستعداً ما أمكن لاستقباله ، وفي اغلب الاحيان غير قادر على متابعته . كان ذلك في الوقت الذي كان فيه فونتنييل Fontenelle ينشر بين الناس اعاصير ديكارت في اللطيف من « احاديث حول تعدد العوالم » . وكان الناقد في « جريدة العلماء » ، الذي كان يحمل « المبادئ » لنيتون ، - مع الاشادة بكمال هذا الميكانيك - يعتبر هذا الميكانيك عارياً من اية قيمة فيزيائية ، باعتباره غير مشجع الشروط المطلوبة لفهم الكون .

والعبء الرئيسي في نظر اللبنيكارتيين ان نيوتن ، حين احل الجاذبية محل فعل التماس البسيط ومحل الدفع ، فانه اعاد الاعتبار الى صفة من الصفات التي انكرها القرن .

حتى ان فكراً عظيماً فكّر هويجن فضل ترقيع وتصحيح اعاصير ديكارت على القبول بالجاذبية وبالطلاقات النيوتنية .

واقنعت قراءة « المبادئ » هويجن ، وكان يشك بها كثيراً من قبل ، بصحة قوانين كبلر ، وبسطلان الاعاصير كما يفهمها ديكارت . انما يجب ترقيع العقيدة الميكانيكية . وكتب هويجن في مذكراته : « اعاصير حطمتها نيوتن . اعاصير حركة كروية مكانها . يجب تصحيح فكرة الاعاصير .

اعاصير ضرورية ، الارض تهرب من الشمس . ولكنها بعيدتان ، الواحدة عن الاخرى ، وليستا متلامستين ككرتي « م . دي كلرت » .

ذلك هو موضوع « خطاب حول سبب الجاذبية الارضية » الملحق « بكتاب النور » لهويجن . في طبعة ليد (1690) . في هذه المذكرة ، يطور هويجن نموذج الميكانيكي حول الجاذبية الارضية ، ويسلو كانه يأسف لانه لم يعرف كيف يسبق نيوتن ، نتيجة تخلفه عن تعميم الجاذبية الارضية لتشمل القمر والشمس ، وهو امر كان يمكناً بفضل القوانين الكمية و « القوة المركزية » (Vis Centri fuga) .

اما لينينز ، فلكي يفسر على طريقته حركة الكواكب ، فقد ربط بأن واحد دوران المائع ، والقوة

النازعة والجاذبية الكونية . وبين له هويجن الى اي حد يبنو له هذا المدخر خصباً ، لان قانون عكس المربع وحده ، مضافاً الى القدرة النازعة ، يعطي مدارات كبلر الاهليلجية .

VIII - لينينز

بدأ لينينز في الميكانيك ، بـ « تيوري موتوس ابستراكتي » (1671) *Theoria motus abstracti* ، وهي نظرية عقلانية خالصة مرتكزة على فكرة كوناتوس (Conatus) بمعنى هوبز *Hobbes* . وقد دافع لينينز عن هذه المغالطة بان الكوناتوس *Conatus* ، مهما كان ضعيفاً ، له خاصية الانتشار الى ما لا نهاية في اللان (عكس الفراغ) وانه يلتصق بكل حاجز جامد ، مهما كان كبيراً . هذه النظرية لا تثبت باي شكل امام التجربة .

لقد كان هدف « تيوري موتوس كونكرتي » *Theoria motus concreti* او « فرضية الفيزياء الجديدة » حل التناقض بين الفيزياء المحددة والحركة المجردة . والاثير ، الذي يملأ كل الفضاء ، هو بأن واحد عامل الجاذبية وسبب الحركات في النظام الشمسي ونظام المرونة . وهي خاصية كونية في الاجسام الحساسة .

في 1686 اطلق لينينز الهجوم الذي كان يُعد له منذ زمن بعيد ضد القانون الديكارتي حول حفظ الكميات من الحركة . والطاقة الحركية لا تقاس بحاصل ضرب « الجسم » بسرعه ، بل بالفعل الذي تحدثه هذه السرعة مثل الارتفاع الذي ترفع به جسماً ثقيلًا ، لا السرعة التي تدفعه بها . وبحسب قوانين غاليليه ، تكون « القوة » بالمعنى الذي قصده لينينز ، متناسبة مع مربع السرعة . هذه القوة التي يسميها لينينز « القوة الحية » (بالنسبة الى القوة الثابتة او القوة الميتة) تبقى محفوظة (حدها في الطبيعة ، كما اثبت ذلك هويجن .

وللينز ، حين كتب الى ارنولد *Arnauld* في 28 تشرين الثاني 1686 ، فتح النزاع حول « القوى الحية » الذي دام حوالي ثلاثين سنة وتغذى بصورة اساسية بالامثلة المأخوذة من صدمة الاجسام .

كان الديكارتيون يزعمون ان مجموع كميات الحركة يُحفظ في الصدمة . وكان اللينينزيون يرفضون ذلك وينادون بحفظ مجموع القوى الحية أثناء الصدمة . هذا النزاع ظل الى حد بعيد نزاعاً كلامياً ، لان الفريقين كانا متفقين حول نفس قوانين الصدمة ، وكانت الاخطاء موزعة : فقد كان على الديكارتيين ان يوجهوا توجيهاً صائباً كميات الحركة ، وكان على اللينينزيين ان يقصروا حفظ القوى الحية على حالة الاجسام المرنة تماماً ، فقط .

وادخل لينينز ايضاً ، في الميكانيك ، وذلك بشكل اسمي خالص ، مفهوم الفعل المحرك ، وكان يريد احلاله محل كمية الحركة . ان هذا العمل يقاس ، في حالة حركة موحدة متسقة ، بواسطة الصيغة (mv^2)) حصة الجرم بالسرعة وبالمسافة المقطوعة . واعطى لينينز لهذا الفعل المحرك صفة مطلقة

وجعل من حفظه قانوناً طبيعياً . وقد ميز أيضاً بين المفعول الشكلي لهذا العمل ، وهو مجرد نقل أو تحويل يمكن أن يعبر عنه بـ $(m s)$ وبالنشاط أو الحركة (v) التي يحدث بها هذا المفعول الشكلي⁽¹⁾

ولكن العنوان الاساسي عند لينينز في الميكانيك انه عرف ، فيما خص الحساب التفاضلي والتكاملي ، كيف يلقي لأول مرة جسراً بين الديناميك والستاتيك ، وذلك بجعله القوة الحية تتبع من عدد لا يحصى من التأثيرات المستمرة للقوة الميتة (او القوة الجامدة) . لقد بحث لينينز ووجد في هذا القانون الترضيات الميتافيزيكية التالية : ادخال « مطلق » هو القوة الحية (التي ليست والحق يقال ، الا متحركاً لا يتغير ملحوظاً) ، احترام مبدأ الاستمرارية ، واخيراً معادلة كاملة بين السبب الكامل والمفعول الكامل .

يندرج ميكانيك لينينز ضمن ميتافيزيك يعطى للحركة حقيقة كبيرة مرتبطة بالنشاط ويعفوية كل جوهر لا يحدث له شيء ان لم يكن نابعاً من ذاته ، وذلك بفضل الانسجام المسبق ، دوئماً تصارع مع جواهر اخرى . ومحارب لينينز بأن واحد ، الفراغ ، بحجج ميتافيزيكية خالصة ولاهوتية ، ومحارب الذرات ، باسم مبدأ الاستمرارية . ومحارب الكل دون ان يقبل بالامتداد الديكارتي . اذ في نظر لينينز ، ليس الامتداد الا صفة بسيطة تعبر عن الحالة الراهنة ، التي لا يمكن ان تكون منبعاً لاي عمل ولا لاي تغيير ، في حين ان مفهوم الجوهر يجب ان يتضمن كل ماضيه وكل مستقبله . واخيراً يدافع لينينز ، في مواجهة المطلقات النيوتونية ، عن النسبية الخالصة في ظاهرات الحركة ، وبالتالي عن معادلة الفرضيات الفلكية .

حصول القرن السابع عشر - من العبث محاولة تلخيص فكرة معقدة كتعقيد فكرة مؤسسي الميكانيك . والرسالة الجماعية التي تركها لنا القرن السابع عشر ما تزال قيد البحث ، ونأمل ان تكون قد بيناها ، من بين ظروف صراع دائم في كل حين . ان مفكري القرن الكبار لم يكتفوا بمقاومة « المدرسة » فقد تحاربوا فيها بينهم بمرارة بل واكثر ، اما مباشرة واما بواسطة محازبيهم . ولم يكن ميكانيك القرن السابع عشر الا ميداناً علمياً يبحث عن مبادئه الذاتية ويسعى الى اكتشاف منهجيته ومبادئه الأولى . وكان من الضروري ان تحصل ولادته وسط منازعات ميتافيزيكية ولم يكن الفصل ممكناً الا بعد حين بين الفكر الميتافيزيكي ، والمجمل الاكثر تواضعاً للمقومات الضرورية والكافية لممارسة العلم الوضعي . لقد افرننا مكاناً واسعاً للفكر الميتافيزيكي وكان هذا ضرورياً . واليوم يسود الميل الرامي الى تجاهل مسائل هي اساسية كما هي ابدية . وقد حاولنا ان نستخرج المسائل الشائنة . وهي مصنوعة من الدقة المتصاعدة في المفاهيم وفي اللغة ، كما هي بحاجة الى وضع تحليل رياضي يستعمل ويستخدم بأن واحد تقدم الآلة الرياضية ، والتنسيق بين المسائل الخاصة التي طالما شغلت العلماء في هذا القرن ، وذلك ضمن غمط محدد من البنيات . وبواسطة اساليب مختلفة ، في نهاية القرن ، ومع هويجنز ولينينز ونيوتن أمكن الاعتقاد بتحقيق خطة فهم عالم وعقلاني كان غاليليه يتوق اليه ، فيما خص علم الحركة . ولم يبق ، والحق يقال ، إلا التنظيم والتقييم .

(1) يرمز الحرف m إلى الجرم أو الكتلة ، الحرف v إلى السرعة والحرف s إلى المسافة .

الفصل الثالث :

العصر الذهبي لعلم الفلك القائم على الملاحظة

في مجال علم الفلك يعتبر القرن السابع عشر حقبة ذات تحديد عجيب. ومن الملاحظات التي جمعها تيكوبراهي Tycho Brahé وهو مفكر عميق وخيالي، وكبلر، سوف تستخرج صياغة قوانين ذات بساطة مذهشة ميزت العلم الحديث ولونته. ويان واحد استعمل غاليليه منظار التبريق من اجل رصد السماء ؛ وفي الحال فتح عصر اكتشافات متنوعة وكلها اساسية ساهمت في اعداد التاليف والتركيب النيوتوني. ان العصر هو عصر الرصاد : وابنسط الة كانت تكشف يومئذ عن مظاهر غير متوقعة للكون .

وهكذا تأكدت التصورات الجريئة عند كوبرنيك Copernic واستكملت. اما البقايا المدرسية فسوف تزول بصورة تدريجية. وتم اكتشاف أشياء جديدة . ولم يعد الناظور آلة للتأمل فقط ؛ بل سوف يكون وسيلة قياس . واستفادت من هذا التقدم في مجال علم الفلك وتجهيزاته الأكثر كمالاً ، الجغرافيا والملاحة والجيوديزيا وكل الفيزياء . وأصبح توليف قوانين الكون ممكناً ، وسرعان ما تمكنت عبقرية نيوتن الرياضية من صياغتها. وظهرت أهمية هذا التجديد وعمقه في تفاصيل حياة علماء الفلك. وفي مطلع القرن لجأ كبلر الى المتاجرة في الرزنامات وايضاً الى التنبؤات الفلكية لكي يسد احتياجاته. وفي سنة 1675 منح شارل الثاني معاشاً لأول فلكي ملكي في انكلترا، مع تكليفه بمهمة العمل من اجل تحديد دقيق لخطوط الطول خدمة للملاحة. وفي مرصد باريس الجديد ارتأى كولبر Colbert أن يقيم اكاديمية العلوم الجديدة. وبين يوم ويوم تكاثرت تفاعلات تقدم العلم وبطور المجتمع . وهناك مشاهدان يستطيعان تقريباً تحديد مرحلة تاريخ علم الفلك، سوف نصفهما : في سنة 1610، ومن اعلى جبل كومبانيل Campanile، دُعي محافظ جنوا من قبل غاليليه لمراقبة توابع جوبيتر. وفي سنة 1671 زار الملك لويس الرابع عشر مرصد باريس. واصبح علم الفلك، ومعه كل العلوم ظاهرات اساسية في تاريخ العالم .

I - ثورة مطلع القرن

خلفاء تيكوبراهي Tycho Brahé - توفي تيكوبراهي في فجر القرن السابع عشر (خريف 1601) .

ولكن عمله الضخم كراصد منهجي كان له تأثير عميق على الحقبة التي فتحت: والتوثيقات التي خلفها سوف تستعمل لمدة طويلة. وكانت تتضمن، بالقوة، استنتاجات كان لا بد من صياغتها بشكل واضح.

ونجح كبلر في ذلك، بشكل افضل ولا شك عما كان يقدر عليه نيكوبرامهي. وعرف كبلر وغاليلي كيف يقدمان لنظام كوبرنيك البراهين التي لا تدحض والتي كانت تنقصه.

كبلر - جوهان كبلر Johannes Kepler، ولد في 27 كانون الاول 1571 في ولدرستاد، في مقاطعة ووتسبرغ. ودرس علم الفلك في توينجن، بالقرب من الكوبرنيك ميستلين. ولما اصبح الرياضي الاميري، في ستيريا، سنة 1594، نشر بعد ذلك بقليل كتابه الأول (برودروموس Prodomus)... (توينجن 1596) وإذا كانت مؤلفاته اللاحقة قد صنعت له مجده، فان بعض مظاهر هذا المجد تستحق ان يشار إليها.

في الفصل الاول يبرز كبلر الاسباب المختلفة التي دعت الى ترك نظام بطليموس. مثلاً، ان افلاك التدوير بالنسبة الى السيارات العليا، بحسب نظام بطليموس كانت ترى من الارض ضمن زاوية تساوي تماماً الزاوية التي يرى من خلالها مدار الارض (كما كان كوبرنيك يتصوره) انطلاقاً من كل من هذه السيارات. وهذا لا يمكن ان يكون من فعل المصادفة العفوية. اما فلك تدوير المشتري فيبدو بالتالي اصغر من فلك المريخ، وفلك زحل يبدو اصغر ايضاً في حين ان الموصلات تبدو في ترتيب معاكس من حيث الضخامة. وهذا امر لم يجد له تفسيراً في نظام بطليموس. وكذلك الامر بالنسبة الى كون مدة السيارات الدنيا على موصلها تساوي مع مدة الشمس، وكذلك الحال فيما يخص واقعة ان الشمس والقمر لا يتراجعان على الاطلاق. وبالعكس تصبح كل هذه الظواهر اكيدة ان اتبع نظام كوبرنيك Copernic. وحتى عندما يقترب كبلر في علاقاته من نيكوفانه يبقى كوبرنيكياً مقتنعاً. وفي هذا تكمن فكرته الرئيسية التجلية في كل عمله.

ومن برودروموس Prodomus يمكن ان نحفظ تصوراً عبقرياً يدل، وان كان غير صحيح، على الذوق وعلى الاستعدادات الجيدة عند كبلر. وقد اهتم هذا الاخير في اتمام عمل كوبرنيك حول المسافات النسبية للكواكب، فتصور انه بين الكرات الست ذات المركز الواحد، والتي وضع عليها كوبرنيك مدارات السيارات الست، تدخل متعددات السطوح المنتظمة ذات الاشكال الخمسة الممكنة. وكل متعدد يدخل ضمن كرة، فيعتبر محيطاً بالكرة الاذن. وهكذا يدخل المكعب ضمن كرة زحل، ومحيط بكرة المشتري. وبعدها يأتي المجسم المربع الوجوه، وكرة الارض وذو العشرين وجهاً، وكرة الزهرة والثمانية وأخيراً كرة عطارد.

وظل كبلر لمدة طويلة متعلقاً بهذه الفكرة الغريبة التي تستمد فقط قوتها من مصادفة عارضة، هي وجود خمس مسافات وكذلك وجود خمس متعددات الوجوه المنتظمة. وفي الطبعة الثانية من كتاب برودروموس Prodomus، سنة 1621، اي بعد اعلان القانون الثالث، عاد الى عرضه الاول بعد ان

صحيحه فقط بعدة ملاحظات. ويمكن هنا ان نرى فكرة اخرى توجه بحوثه اللاحقة وتوعداً من الاعداد الغامض للقانون الثالث، هذا البرهان القاطع على مهارته كحاسب.

ولكن كبلر صاغ اكتشافه الاول، في برودروموس : هذا الاكتشاف هو خطط مدارات السيارات، مدارات متجاورة وغير متداخلة ، تمر بالشمس. ونظراً لعدم وجود جداول واضحة بما فيه الكفاية، ونظراً ايضاً لعدم التحرر الكافي من تصورات بطليموس، مرور كوبرنيك خطط المدارات بمركز مدار الأرض؛ فتتج عن ذلك تغييرات لا يمكن نفسها تتعلق بانحرافات السيارات الدنيا. هذا الخروج يزول ان مرت خطط للمدارات بالشمس التي احس كبلر بدورها في حركات الكواكب (وكانت الفترات الاقصر بالنسبة الى السيارات الدنيا قد دلت على ان الشمس لها تأثير أكبر في المسافة القصيرة).

والانحراف الثابت في خطط المدارات في فلك الابراج كان نتيجة اخرى مباشرة، لما تقدم. وقد اشار كبلر الى هذا في برودروموس : وهذا كان كافياً لابرار أهمية هذا الكتاب الصادر عن عالم عمره 25 سنة.

وسبب مرسوم صدر ضد البروتستانت اضطر كبلر الى ترك غراز Graz، وفتش عن ملاذ في براغ، قرب تيكوبراهي الذي اصبح منجم الامبراطور رودولف الثاني، وذلك في شباط سنة 1600، ومات تيكو بعد قليل من لقاءهما اي قبل ان يتسبب التعارض في افكارهما حول نظام كوبرنيك، في سوء العلاقة بينهما ولكن، وهذا مكسب افاد منه العلم كثيراً، استطاع كبلر ان يتصرف على هواه بالبحوث العظيمة التي وثقها تيكو، بحيث استطاع أن يتابع حلمه في هندسة العالم : البحث عن علاقات قائمة بين اشعة المدارات النجمية، وبين الاجرام الخارجة من مراكزها، والحقب، (وبالتالي السرعات)، ومن جهة اخرى ورث كبلر وظيفة الرياضي في خدمة الامبراطور. واذا كان عليه من جراء هذا ان يقدم للبلط التوقعات النجمية، فلم يظهر عليه انه كان يكره هذا الامر او ان بحوثه قد تأثرت به.

وفي سنة 1604 نشر كتابه عن البصریات: «أد. فيتيليونيم. AD. Vitellionem» وفيه عرف شعاع الضوء، وشرح انعكاس النور وبين ان الانكسار الفضائي يحرف الضوء من كل الكواكب بدون تمييز وهذا حق السبوت.

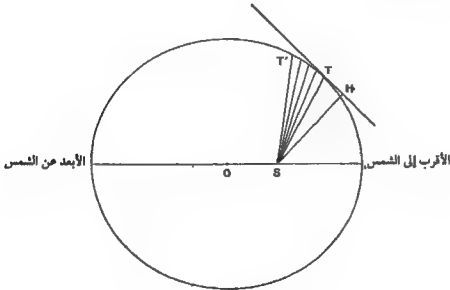
وبذات الوقت، تابع كبلر بحوثه الاسامية التي تستحق رسم مختصرها على الاقل. وعاد الى اعمال تيكوبراهي حول المريخ، ففتح في فراقه مقداره 8' بين المراكز المرصودة والمراكز المحسوبة على اساس المنجرفات عن مراكزها وأفلاك التدوير [دائرة مركزها في محيط دائرة كبيرة] . والخطأ لم يكن ليعزى الى تيكو الذي اعترف كبلر له بالمواهب كمراتب، فعمد الى مراجعة المدار الارضي على اساس ملاحظات تيكو. وقارن كبلر الملاحظات حول المريخ التي جرت بينها 687 يوماً من المسافة. ذلك ان 687 يوماً هي مدة دوران المريخ حول الشمس، والشعاع شمس - مريخ هو اساس ثابت يمكن بالنسبة اليه يمكن تحديد المواقع المتتالية للأرض. وبالامكان تكرار العملية بواسطة سلسلة اخرى من العمليات

المحققة دائماً وبينها 687 يوماً. وهكذا امكن تقرير النتيجة الاولى التي استخدمت كاساس لوضع القوانين الكبرى: ان مدار الارض دائري (تقرب مرض جداً، كما هو معروف، نظراً لان الشمس واقعة على مسافة من المركز تساوي $R0,018$. حيث R تدل على شعاع المدار. ان قيمة الخروج عن المركز المعتمدة من كل سابقى كيلر كانت اكبر بمرتين) .

وتصور كيلر ان الفعل المحرك الذي تحده الشمس على الارض يجري بشكل تماس مع المسار (فقد كان يجهل مبدأ الجمود) وهذه القوة، كما يقول تتناسب عكسياً مع المسافة (ST) ارض شمس، وكذلك حال سرعة السيارة في مدارها.

من المعلوم ان هذا غير صحيح : ان السرعة تتناسب مع مسافة الشمس الى تماس المدار (SH، في الصورة 23) . في هذه الاثناء دقق كيلر في فرضيته في الحالات الخاصة فقط لانتقال الارض بين النقطة الاقرب من الشمس [اقرب نقطة من فلك سيار او مذنب الى الشمس] مرة وإلى الأوج أي الأبعد عن الشمس . وها هو الآن مقتنع .

ولحسن الحظ، عوض هذا الخطأ بخطأ آخر: بالنسبة الى قوس صغير جداً في المدار، ان الوقت الذي تضعه الارض لتجتاز هذا القوس يتناسب مع طول شعاع السهم ST، من اجل حساب مدة اجتياز القوس المحددة.



صورة 23 - تبين قانون المساحات من قبل كيلر

وظن انه يتصرف نحو الافضل ، فاحل محل كل الاشعة - الاسهم الوسيطة بين S و T ، ويقول آخر محل مجموع الاطوال، مساحة القطاع TST' . غلطة ارادتها العناية اذ بها تمّ ، فيها خص

حركة الأرض، اكتشاف نسبة الزمن والمساحة التي يكتسها الشعاع - السهم : وقد أثبتت الملاحظات ذلك. وعندما راجع كيبلر مدار المريخ، فقد طبق عليه، في الحال، نفس قانون المساحات، القانون المعتبر دائماً وكأنه القانون الثاني عند كيبلر، وإن جاء في المقام الأول من حيث الترتيب التاريخي في اكتشافاته.

وعلى أساس المدار الأرضي المكتشف، استعاد كيبلر رصود مارس فمتنما يكون هذا السيار في اذن منازل أو في سمتة (أعلى مثازله)، تتوافق الحركة الدائرية المستبقة بموجب النظرية، مع القياسات. وبالعكس عندما يحتل المريخ في مدارها مراكز تربيعة بالنسبة الى سابقاتها، فإن الفارق يكون ضخماً، وانتهى كيبلر الى التخلي عن فرضية الحركة الدائرية. ان الاهلياج: هو الشكل البيضوي الذي يتوافق تماماً مع تنبؤات قانون المساحات، باعتبار ان الشمس تحتل احد مراكز المخروط.

ويمكن ان نلاحظ عرضاً ان الفرضيات التبسيطية التي قال بها كيبلر تجد مبررها في حالة المعارف السائدة في ذلك الحين: من جهة هناك ملاحظات تكون، التي مهما كانت فائدتها، فانها قلما تجاوزت درجة الدقة في الزاوية؛ طرف مساعد لان اخطاء القياس كانت تخفى بالتالي شدوذات المسار التي تسبب بها الاختلالات. ومن جهة اخرى كان كيبلر - وهو الرياضي الجيد، الذي لم يكن قد استبق زمانه بخمسين سنة لفارقن للتناهيات الصغر - يعرف جيداً اعمال الاقدمين حول المخروطات. حتى ان انشتين قال بشأنه :

« تدل اعمال كيبلر ان المعرفة لا يمكن ان تنبت عن التجربة وحدها: بل يتوجب معها المقارنة بين ما تصوره العقل وما لاحظه وراقبه » (كيف ارى العالم ترجمة فرنسية، 1934، ص 180).

الى هذه الظروف التاريخية يضاف ايضاً الفسارق بين خروج مدار الأرض عن محوره، ولو ضعيفاً، وخروج مدار المريخ، الاعنف والاقوى نسبياً. وبعد 1605 اصبح كيبلر يمتلك قانون الحركة الاهليجية. ونشرت الصيغ النهائية للقانونين الاولين بعد اربع سنوات في « استرونوميا نوفا... » (اب 1609).

وبعد ذلك بكثير، في 15 ايار 1618، اعلن كيبلر عن القانون الثالث: نسبة مربع فترات السيارات مع مكعبات متوسطات بعدها عن الشمس. وهكذا تحقق ميل كيبلر الى « تناسق العالم » وهو الميل الذي برز سابقاً في « هرودوموس ». ولكن بذات الوقت استكمل عمل كوبرنيك، وتحرر من المفاهيم القديمة. وربما كان في ذهن كيبلر خليط، وربما كان احياناً مشوشاً، من الافكار العميقة، ومن الافكار الأقل ثباتاً. ولكن اهمية عمله، تقاس الى حد ما، عندما نعرف اي دور لعبته القوانين الثلاثة في تكوين التوليف النيوتني.

ان نشاط كيبلر لم يقتصر مع ذلك على هذه البحوث ذات الصفة الرياضية الغالبة. فقد بقي حتى وفاته، رغم المصاعب التي لقيها في حياته، مراقباً وملاحظاً. وعند اتصاله بغاليليه، درس المذنبات سنة 1618، معترفاً بطبيعتها السماوية (وكان البعض يرى فيها ظاهرة جوية، كما درس البقع في

الشمس. وفي اولم Ulm، حيث اضطر الى الالتجاء، نشر سنة 1627، «طابولا رودولفينا» Tabulae Rudolphinae، اعترافاً بفضل راعيه رودولف 2. وتضمنت هذه الجداول التفصيلية لوائح بالوقائع عن الكواكب السيارة، محسوبة على اساس القوانين الثلاثة. وقد «اهديت» الى جون نايبه John Napier، لان استخدام اللوغاريثم سهل حسابها الى حد كبير. وبفضل هذه الجداول استطاع كيلر ان يتنبأ باحداثيات الكواكب السيارة: فمئذ 1629، اعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في 7 تشرين الثاني سنة 1631، ومرور الزهرة في 4 كانون الاول 1639 و6 حزيران 1761.

وظلت هذه الجداول طيلة قرن المعتمد الاسامي لكل علماء الفلك.

غاليليه - ولد في بيزا سنة 1564. علم اولاً في جامعة بيزا ثم في جامعة بادو. ومنذ 1597 اصبح من اتباع نظام كوبرنيك. في فكره على الاقل ان لم يكن في كتاباته او تعليمه. ولكن شهرته كفلكي - اذ ظلي يعتبر حتى ذلك الحين كرياضي - يعود تاريخها الى ارسصاده حول (نوبا) سنة 1604، ارسصاد صدرت في مجموعة «أوفيكوس». واستحالة قياس زاوية الاختلاف (Parallaxe) هذا النجم الجليلد تدل، بحسب رايه، على أنه نجم بعيد. وفي الحال ادخل غاليليه افكاره في تعليمه، وكانت فرصة اولى للمجاذلات: اذا كانت «نوبا» ظاهرة سماوية، فان رأي ارسطو حول ازالة - ثبوتية السماء يكون خاطئاً. وليس لغاليليه ان يفاجأ، منذ ذلك الحين، بان يلقى طيلة حياته خصوصاً سوف يصيحبون اعداء العالم الحديث.

وفي حزيران 1609 علم غاليليه ان منظراً للتقريب قدم، منذ عدة اشهر سابقة الى الامير موريس دي ناسو Maurice de Nassau. وشرع، في الحال، في بناء واحد واستعمله ليرصد السماء. وكان انفعاله امام عجائب الطبيعة المتكشفة امامه محسوساً في رسائله. اما اهمية اكتشافاته، فقد برزت بحق من خلال شهرة الكتاب الذي تضمنها: «سيروس نونسيوس». Sidereus nuneius magna (البندقية اذار 1610).

وصف في بادى الامر جبال القمر التي كانت ذراها المضيئة تظهر وراء المنتهى [الخط الفاصل بين الوجه المضيء والوجه المظلم]، وبمقارنة اشعة الارض والقمر، استنتج ان جبال القمر اعلى اربع مرات من جبال الارض.

وعند دراسة الضوء المنعكس عن القمر والضوء المنعكس من النور الرمادي، عثر على الاثبات بان الارض تلمع مثل باقي الكواكب.

ودسم، على صفحة من الكتاب، كل الكواكب غير المعروفة والتي اكتشفها في مجموعة (Constellation) اوريون Orion (في البودريه، ذكر، بدلاً من 9 نجوم مرئية بالعين المجردة - ثمانين نجماً)، ثم في الثريا (Pléiades) (حيث اكتشف ستاً وثلاثين نجمة متراكمة). وبدا له درب المجرة، على حقيقته، مجموعاً متراصاً من النجوم، لا سدياً (nébulosité) يعكس بهاء الشمس او القمر، ولا نيزكاً كما يؤكد ارسطو.

... وأخيراً، وبصورة خاصة يعلن « سيدروس نونسيوس » اكتشاف توابع المشتري . وكان اول اكتشاف له يعود إلى 7 كانون الثاني 1610 . وخلال رصد المشتري ، شاهد غاليليه ثلاثة نجوم جليدية بقرب الكواكب ، مصفوفة بحسب اتجاه مداره (دائرة دوران المشتري في فلكه) . وقد يظن انها كواكب ثابتة ينسحب امامها جوبيتر . ولكن ، في اليوم التالي ، عثر على الرفاق الثلاثة بقرب من جوبيتر انما بوضع آخر (الكتاب يذكر ، بشكل بسيط وجمالي هذه المظاهر المتنوعة) . وفي 11 كانون الثاني لم يشاهد الا كوكبين ، ولكنه في 14 منه شاهد اربعة . وحصلت لديه الفكرة ، انها ليست نجوماً ثابتة ، انها كواكب تائهة ، تدور حول جوبيتر ، انها توابع له . وبسبب صعوبات التحديد ، لم يستطع تحديد اوقاتها ، الا بالنسبة الى التابع الرابع الذي بدأ مفصلاً بوضوح عن الآخرين . الا ان هذا يقلل من اهمية الاكتشاف . واعترض اعداء كوبرنيك : اذا كانت كل الكواكب تدور في مداراتها حول الشمس ، فلا نفهم لماذا يشد القمر ويدور حول الأرض . ان وجود توابع لجوبيتر يحطم هذا الاعتراض .

نفهم اذا كيف ان غاليليه أراد ، وبسرعة ، اشهار هذه الاكتشافات ، التي تقدم ، بدون حسابات معقدة يصعب على غير المتخصصين فهمها ، براهين لا تلجأ لتدعيمها لنظام كوبرنيك .

وكان لا بد من وجود معارضين . وان قل عددهم في بادئ الامر حيث كان التأثير الشخصي للمعلم قوياً ، بالنسبة الى بقية ايطاليا . واتخذ تنويع الصور الحاصلة بواسطة هذه المناظير الاولى ، ذريعة وذهب البعض الى حد القول ان الكواكب المكتشفة ليست الا صوراً وهمية خلقتها الآلة بالذات . وفوق ذلك ، بدا من غير المعقول التأكيد على وجود نجوم جهلها بطليموس وارسطو من قبل ، بحجة انه بالامكان رؤيتها ...

عندما تلقى كبلر « سيلروس نونسيوس » لم يكن بين يديه بعد آلة رصد تشبه تلك التي بناها غاليليه . ولكنه فهم في الحال الكشوفات الغاليلية واهميتها بالنسبة الى علم الفلك الجديد والى دعم مفاهيم كوبرنيك بصورة خاصة . وابتدى رأيه في رسالة مفصلة ارسلها الى غاليل في ايار 1610 ونشرها في الحال تحت عنوان :

« ديسرتاسيو كوم... » . Dissertatio Cum... . وبعد ذلك بقليل تلقى ناظوراً ارسله غاليليه ، نقله اليه امير كولونيا المنتخب .

وعندها حرر ملاحظاته الخاصة في « ناراسيو... » . Narratio... حيث اكّد منذ 10 ايلول 1610 صحة اكتشافات غاليليه بدون غموض .

وقبل انمان النظر في سلسلة الاكتشافات الكبرى الفلكية ، التي تعود للقرن 17 ، ربما يكون من المفيد الإشارة الى اهمية سنة 1610 . فحتى هذا التاريخ ، غطت اولوية الاعتبارات النثرية ، سمة اساسية في علم الفلك ، هو كونه علم ملاحظة ورصد . ان ناظور غاليليه للتواضع هو رمز العلم الجديد . والآلة معها كانت متقدمة ، لا تعطي حقاً ، ان تولاهما الجهل او ناقصو البراعة ، الا نتائج مشكوكة . ولكن اذا عرف الراصد امكانات وحدود استخدام اجهزته ، واذا لم تكرهه ضرورات الرصد

على إهمال تثقيف نفسه بثقافة علمية واسعة، وخاصة ثقافة رياضية، فأي خضم من العمل واسع يفتح إذاً أمامه. إن نوعاً من الحوار في التفكير النظري وفي الكمال التقني سوف يتأكد، بعد ذلك، وكأنه الصفة الغالبة في تطور علم الفلك. إن الاكتشافات الرصدية، حتى تلك التي بدت وكأنها وليدة الصدفة، سوف تغذي البحث النظري، وتغنيه من الضياع بعيداً عن الواقع. وسوف تقضي الحاجة إلى التحقق من النظرية بوجوب استكمال المعدات التي سوف تساعد على اكتشافات جديدة. وقد ذكر ذلك باي Baillly بشأن قوانين كبلر :

«إن واجب الناس هو درس الطبيعة من خلال الأحداث المنفصلة. وعندما تتحصل لهم الرؤى بما فيه الكفاية، يعتكفون. إن الأحداث تتجمع في رؤوسهم، بدون تسلسل أو ترابط، ولكن السلسلة موجودة، ومن الممكن اكتشافها. يأخذ المراقب القلم، ويرسمون خطة : إلى هذا توصل كبلر. وبعد يكفي تطبيق الخطة المرسومة من قبل الخيال وفقاً للنموذج الأكبر الذي هو الطبيعة. وبعدها تجب العودة إلى الملاحظة. والمطامع الأكثر خطاً، من السوء، الاختراع، موجود بين الأحداث التي عليها تتأسس الأنظمة، والأحداث هي التي تثبتها» (تاريخ علم الفلك القديم) (1779).

إن هذه الأفكار تبدو لنا مألوفة اليوم. ولكن يجب أن ندرك أية ثورة كانت تحدثها في الفكر العلمي في مطلع القرن السابع عشر هذا.

غنى العمل الفلكي عند غاليليه - بدت حياة غاليليه بين 1610 و 1619 خصبة بشكل خاص في علم الفلك. فقد استمر يدرس السيارات. وبعد نيسان 1611، أي بعد مضي سنة على اكتشاف هذه السيارات أصبح بإمكانه أن يميز بينها. وقد مكنته هذا من تتبع الحركة، وأن يجد بشكل تقريبي على الأقل، زمن كل نجمة تابعة (وهي عملية دقيقة كان كبلر نفسه يعتقد باستحالتها). نشر إن غاليليه لم يكن يسترشد، في هذا البحث، بقانوني كبلر الأولين (لأنه لم يؤمن بهما ابداً). إن هذا الفلكي الراصد لم يكن يؤمن إلا برصاده الخاصة. وربما كان هناك أيضاً بعض الاشتباه Prévention عند غاليليه ضد «أسترونومياً نوفا» حيث أثقل كبلر نصه بتجاوزات عشوائية.

إن ازمة التوابع الأربعة، صغيرة، أقل من يومين بالنسبة إلى الأقرب وما يقارب 17 يوماً بالنسبة إلى الأبعد عن النجمة المتبوعة. ووضع غاليليه الجداول الأولى حول خركاتها الوسطى بأمل استخدامها في التنبؤ بوضع النظام في تاريخ معين وبالتالي التنبؤ بكسوفات التوابع. ولكن التحديد الصحيح لهذه الجداول، وقد أدرك غاليليه ذلك، كان يقتضي الرصد طيلة زمن يعادل الزمن اليومي (السيديالي) للمشتري حتى تمكن مقارنة الاتصالات الحادثة عندما يكون الكوكب قد عاد إلى نفس الوضع ضمن مداره. وتسلسلت أرصاد غاليليه بين 1610 و 1619 فغطت بالتالي فترة لم تكن كافية لإكمال المهمة على أحسن وجه. وكان هناك صعوبة أخرى كمنعت في عجز المنظار عن تحديد المسافات: كان غاليليه يربط مسطرة مدرجة فوق أنبوب المنظار ويرصدها بعين الشمال في حين كانت العين اليمنى فوق جهاز الرصد (أوكلور). ذلك كان حال مقياس الجزيئات ميكرومتر الوحيد الممكن التحقيق بواسطة جهاز الرصد المتعرج. ومع ذلك، وانطلاقاً من معطيات جمعت ضمن هذه الشروط حدد غاليليه عناصر

مدارات التوابع، قاصراً الرصدات على مركز الشمس حتى يتخلص من كل الشذوذات التي تعزى إلى الحركة النسبية في الأرض في علاقتها مع المشتري .

وكان غاليليه: يطمح في هذا المجال، إلى الوصول إلى وسيلة تمكنه من تحديد الاطوال بسهولة ان المظهر أو الشكل المعين للتوابع قد يكون إشارة قد ترصد من مكانين مختلفين على الأرض . وقدم امير هولندا مكافأة مقدارها 25000 فلورين للذي يقدم اسلوباً من شأنه ان يخدم الملاحة . وقام استاذ في جامعة بيزا ، الاب رينباري Renieri ، يشجعه غاليليه، بمتابعة حل هذه المسألة ، ولكنه لم يستطع اكملها قبل وفاته . وكان لا بد من انتظار سنة 1668 حتى تظهر جداول ج. د. كاسيني J.D.Cassini ، تحت عنوان : الوقوعات « اقيمر يد . . . » . وهي مدينة بصورة واسعة لاعمال هؤلاء الرواد .

لنفتح هنا هامشاً : بعد 1611 ، قام بيرسك Peiresc ، وهو مستشار في برلمان بروفنسا ، كان لعشر سنوات خلعت ، تلميذاً لغاليليه في بادو ، يشكل مجموعة متحمسة من القراء البروفسيين لكتابات « سيدروس . . . » Siderius . وبذلك الوقت مع معلمه الشهير ، ولكن بصورة منفصلة تماماً عنه ، خطرت له فكرة تحديد الاطوال عن طريق قياس الاوضاع المتتالية للتوابع (المصدرة لأول مرة في اكس من قبل جوزف غوتييه Joseph Gaultier ، في 24 نوفمبر سنة 1610 . وبعد مراقبتها في اليوم التالي ، اكتشف بيرسك السديعية (Nébuleuse) أوريون . وإذا كانت اعمال بيرسك لم تدفع إلى الابعاد التي ذهبت إليها اعمال غاليليه ، الا انه خطرت له الفكرة الطيبة بإرسال مساعده لومبار Lombard إلى مالطه ، ثم إلى سوريا لتطبيق المنهج عملياً . وكانت النتائج غيبية للآمال . ولكن بيرسك لم يترك الموضوع ، ونظم بنجاح شبكة رصد لكسوف القمر في 28 آب 1635 ، الامر الذي اتاح تصحيح خرائط المتوسط الشرقي بما يتبادل 1000 كلم زائد .

ونعود إلى غاليليه الذي لحظ بدقة وصحة كل ما يتطلبه حل مرض لسالة خطوط الطول ، فضلاً عن جداول حركات التوابع أكثر دقة من جداوله (مع الافتراض بان هذا الاسلوب بقي محفوظاً) : زيادة دقة القياسات بواسطة المنظار ، ثم إيجاد وسيلة للحصول على مثل هذه الملاحظات والرصدات عن سطح سفينة ثم حسن الاحتفاظ بالوقت . وخلال القرن تم جمع الاختراعات بعضها إلى بعض : الميكرومتر والسديمية والساعة ذات الميزان أو الأرجوحة ثم الزنبرك الحلووني .

ولم تكن أهمية ملاحظة توابع المشتري غاليلي عن استكشاف السماء بوجه شامل . ولكن زحل كان يخفيه له فشلاً لا يتسنى . فكتب يقول : « لقد رصدت اعل كوكب سيار فوجدته مثلاً » وذلك في جناس تصحيفي ، غامض ، ثم بعد ذلك عاد فرأه واحداً . لقد كان منظاره اعجز من ان يريه المظهر المضلل للحلقات التي ، إذا نظرت من انحرافات متعددة ، اتخذت اشكالاً متنوعة .

في حين استطاع غاليلي ان يزصد بكفاءة مراحل الزهرة ، وهذا تثبت جديد لنظام كوبرنيك وبهذا الشأن كتب غاليليه إلى احد اصدقائه الاب بنديتو كاستالي P. Benedetto Castelli « حسن ان نفيد ارضادي في نتائج جيدة . ولكنك تضحكني ان اعتقدت انها سوف تبدل كل الغيوم . وسوف توقف

كل نقاش. ان الالبات قد وصل منذ زمن بعيد الى الحقيقة الاكيدة الاخيرة. وخصصنا سوف يقتنعون ان استطاعوا ذلك. ولكنهم هم يريدون مغالطة انفسهم. . »

واتاحت التفصيلات الرصدية عن القمر لغاليليه ان يفهم ان تابعتا (القمر) يُوجه دائماً نفس « النصف » نحو ارضنا، ولكن مع وجود بعض الليل او الانحراف وهذا ما نسميه نحن التمايل وقام هفليوس Hevelius وكاسيني Cassini بتعميق دراسة الظاهرة. وأرنكيب غاليلي خطأ الاعتقاد انه اقتصر على مفعول التغير الظاهري (Parallaxe) الناتج عن تنقل الراصد بالنسبة الى مركز الارض .

وبعد 1610 ثم في سنة 1612، رصد غاليليه بقع الشمس. وربما تعود اسبقية هذا الرصد بالمنظار الى جوهان فابريسيوس Johann Fabricius (نشرة صدرت في وبتنبرغ سنة 1611). ونازع الاب كريستوف شايير P.Christoph Scheiner، وهو يسوعي كان يعلم الرياضيات في أنغولستاد، وتعود ارساده الى آذار سنة 1611، نازع غاليليه اكتشافه (وشرح شايير Scheiner أيضاً التشويه الذي يصيب الشمس عند مضيها . ومهما يكن من امر، فان رسالة مؤرخة في سنة 1612 تزيل الشكوك حول تفسير غاليلي لاكتشاف الظاهرة :

« استنتج ان هذه الجددات هي بمثابة المآثم او النهاية او القيامة الاخيرة للفلسفة المزورة. لقد ظهرت علامات واشارات في القمر والشمس. واتوقع ان اسمع حول هذا الموضوع اشياء كبيرة اعلنها المشاؤون عن جمود وابدية السماء. ولا اعرف كيف يمكن انقلا هذا الجمود وهذه الابدية » (كتاب الى ف. ميسي 12 ايار 1612). وقد عرفنا ان هذا الجمود لم يتبدل ولم يسلم .

نهاية المناهضين لكوبرنيك . اذا كانت اكتشافات غاليليه، وقد جاءت بعد قانوني كبلر، قد قدمت براهين حاسمة لصالح الافكار الكوبرنيكية، فان المناهضات النهائية لم تكن الا لتزداد حدة، كما هو طبيعي تماماً . في سنة 1616، اعلن « المكتب المقدس » كذب وكفر الرأي الذي يجعل الشمس في مركز الكون. وبعد ذلك بقليل، وجواباً على معارضين، نشر غاليليه « الساجياتور » Saggiatore (1623)، تحفة من روائع المناظرة . وكان الاله في نظرنا نشر كتابه « حوار = ديالوغو » (1632): إذ يلخص، بغاليليه، فيه فلسفته، في معارضة فلسفة ارسطو . ودون ان يتم بتعميد حركات السيارات (استمر بتجاهل اهمية اعمال كبلر) عرض افكاره حول نظام العالم، وبدا ميكانيكه وكأنه التهمة الضرورية للنظام الكوبرنيكي . انه يحضر التوليف النيوتني، انما دون ان يخطر بباله ان حركة السيارات وحركة القذائف قد توصف ضمن نفس القانون .

وعرف « ديالوغو » وهو كتاب في مستوى فهم الجماهير، نجاحاً كبيراً جذب انتباه « محكمة التفتيش » . في حين ان كتب كبلر، الاكثر صعوبة على الفهم وعلى القراءة ، لم تعرف نفس النجاح والشهرة . وعلى كل حال في 22 حزيران 1632، وبعد محاكمة دامت عشرين يوماً حكمت محكمة مؤلفة من سبعة كرادلة بما يلي :

« القول ان الشمس، وهي الثابت الذي لا يتحرك موضعياً ، تحتل مركز العالم، هو قول باطل،

وكاذبٌ فلسفياً وهو مرطقة لأنه يخالف شهادة الكتابات المقدسة. وأنه أيضاً باطل وكاذب في الفلسفة القول بأن الأرض ليست ثابتة في مركز العالم. وهذا القول يعتبر من الناحية التيولوجية ضللاً على الأقل بالنسبة إلى الإيمان».

وبعد ذلك اضطر غاليلي إلى توقيع صيغة الاقرار بالكفر قبل أن يستمع إلى الحكم عليه بالاعتقال داخل منزله في ارستري. ومات فيه، بعد أن أصبح أعمى في 8 كانون الثاني 1642.

وتفحص هذه المحاكمة بتفصيلاتها، ودوافعها ومفاعيلها يخرج عن نطاق موضوعنا. ولكن السكوت عنها يعني تغطية مظهر من مظاهر التقدم في علم الفلك في القرن 17. وأنه من مقتضى طبيعة الاكتشاف أن ندخل على المفاهيم التي عمل الزمن على اشاعتها بين الناس، تصحيحات تختلف درجة عمقها. اليس من اللحتم المؤكد أن يلاقي المفكرون الجريئون والقادرون على تصور تركيب جديد مبتكر، معارضة من أولئك الذين لا توجد لديهم نفس القدرات الخلاقة؟ هذه الملاحظة لا تهدف أبداً إلى التقليل من خطورة الخطأ والظلم التي ذهب ضحيتها غاليلي. ولكن الأسباب أصبحت اليوم مفهومة بصورة أفضل عندما يُوضع الحدث ضمن إطاره الزمني.

وظل المعارضون لكوبرنيك يظهرون لمدة طويلة، متأخرين. فقد ظهر كتاب استرونوميا دانيسكا *Astronomia danica*، مؤلفه لونغومونتانوس *Longomontanus*، وهو تلميذ قديم لنيكو ومداغ عن نظامه، في سنة 1640، ومن بين الكوبرنيكيين انفسهم لم يعتمد بعضهم قوانين كيبلر: فقد نشر فيليب لانس برج *Philip lans berge*، جداول كواكيبه محسوة على اساس نظرية الايبسيكل وأحل اسماعيل بوليو *Ismael Boulliau*، في كتابه استرونوميا فيلوليكا (باريس 1645) محل القانون الثاني، بناءً معقداً كان أهمل منه العودة إلى حركة متناصفة متجانسة.

الا ان هذه كانت المظاهر الاخيرة من مظاهر الافكار القديمة. وكان على الكوبرنيكيين مهمة الاستمرار في عمل كيبلر وغاليلي بإضافة اكتشافات جديدة اليه.

II - ازدهار علم الفلك الرصدي

الهواة - بعد ان عرفت اكتشافات غاليلي، وكان النشر السريع لكتاب سيديروس نوميوس، عاملاً حاسماً في التقدم، استحصل العديد من الهواة على مناظير واخذوا يتمرنون على الرصد. وكان هناك الكثير من المظاهر أو الاشياء الجديدة التي يمكن الوصول اليها والتي تشكل سلسلة نفخة من المكتشفات المتبوعة. واية لائحة هؤلاء المكتشفين الهواة سوف تكون غير كاملة حقاً. نشير فقط إلى الاكتشافات الأكثر أهمية.

نبدأ بتويوغرافيا القمر أو مسحه. قام بيرسك *Peiresc*، يعاونه غاسندي *Gassendi* بوضع أول خريطة للقمر، ورسمها له كلود ميلان *Claude Mellan* سنة 1636. وبعدها جاءت خارطات

لغرينوس Langrenus في اسبانيا سنة 1645، وهفليوس Hevelius في دانزغ 1647، الذي اكتشف بعد عشر سنين التمايل الطولي واخيراً جاء ريكيولي Riccioli وجرمالدي Grimaldi في ايطاليا سنة 1650. وإلى هؤلاء الاخيرين ندين نحن بالموافقية الجبلية التفصيلية. وهكذا مهدت الطريق امام عمل جون دومينيك كاسيني Jean Dominique Cassini، الذي كانت خارطته قد حضرت على كرة قطرها 54 سنتيمتراً، وقد انقها سنة 1679 وظلت بدون مثل حتى نهاية القرن الثامن عشر.

وبقى العالم النجومى غير مكتشف تماماً. فالناظر كانت عاجزة تماماً. ولكن سبق ان اشرنا الى اكتشاف سديم اوريون من قبل بيرسك سنة 1611. اما سيمون ماير Simon Mayer او ماريوس Marius (1570 - 1624) وهو فلكي عند منتخب براند بورغ Brandebourg فقد نازع غاليلي، زوراً، اكتشاف توابيع المشتري، الا انه كان الاول بدون منازع الذي اشار الى وجود سديم اندروماد. ولكننا نكون فكرة عن بطء التقدم في هذا المجال عندما نذكر الاكتشاف التالي، اكتشاف كومة هرول Hercule، من قبل هالي Halley، في سنة 1715. . . . ويبدو ان الصدفة وحدها هي المسؤولة عن هذه الاكتشافات التي لم يفهم معناها الحقيقي يومئذ.

وفي سنة 1596، في هانوفر Hanovre اشار دافيد فابريسيوس David Fabricius الى اللمعان المتغير في نجمة اكثر تألقاً في برج الحوت كان اسمها الكلاسيكي ميرا Mira. وكان مكتشفها الاول هفليوس Hevelius. وكانت مدتها 333 يوماً، وقد قاسها بوليو Boulliau في سنة 1652.

ونحن مدينون ايضاً لنفس هفليوس Hevelius باكتشاف الصيخد او البقع الملمعة في الشمس الذي يؤكد، بعد اكتشاف البقع، ان سطح الشمس لم يكن لا ثابتاً ولا جامداً. ونذكر ايضاً من بين اعمال هذا الفلكي لائحته النجومية غير المكتملة. ولكن الاسم الذي اطلقه، وهو مسكوكة (سويسكي Sobieski)، على حقل غني جداً بالنجوم في طريق المجرة، تكريماً لحاميده ومسيده جون Jean الثالث سويسكي Sobieski، ما يزال مستعملاً حتى الآن. وظل اسم هفليوس Hevelius مقروناً حتى الان بالعمل الاول الشامل حول المذنبات. وظهر كتابه خارطة المذنبات سنة 1668 : وفيه اثبت بفعل قياس التغير المواقفي في المذنبات، مذهب 1652 ومذهب 1664، ان هذه المذنبات ليست تغيرات سماوية في فضاءنا، بل انه تنبأ بان حركتها بيضاوية او شبه بيضاوية حول الشمس.

استمرت دراسة الكواكب السيارة. وقام اليسوعي الايطالي نيكولو زوكي Niccolo Zucchi برصد بقع فوق المريخ، وقطاع المشتري سنة 1640 وربما كان فونتاننا Fontana قد شاهدها سنة 1636. وقد سبق ان رصد بيرسيك، اولاً، عطارد في وضوح النهار، واكتشف النور الرمادي في الزهرة.

ولكن يبدو انه من المفيد التثبت من توقعات كبلر الذي سبق واعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في سنة 1631. وقد نجح غاستلي في رصد هذا الامر. وبهذا الشأن يقول الاب هنبرت Humbert :

« الحقيقة انه لم يكتشف شيئاً . . . انه أثبت فقط الاكتشافات السابقة . ولكنه في كل ارساده اظهر عن منهجية فكرية وعن حرص على الدقة ، وعن توخي الاناقة التي جعلته اعلى من كل معاصريه » (مذكور في العمل الفلكي عند غاسندي Gassendi ، باريس 1936) .

ورصد غاسندي المرور ، عن طريق الاسقاط ، مشيراً بدقة - وقد اسف لانه لم يتوصل الى عمل أفضل - الى نقطة الخروج من الصحن .

والارصاد المتعلقة بالمرور ، طيلة القرن لم تتجاوز الدقة التي وصل اليها غاسندي . في سنة 1639 رُصد مرور الزهرة من قبل الشاب هوروك Horrocks ، قرب ليفربول (وكان هذا الفلكي الشاب للأساوي المصير ، 1619 - 1641 ،) اول من طبق قوانين كبلر على حركة القمر مثبتاً تنوع الخروج عن المركز ، وتأرجح المحور الكبير خلال المدار وتبع هفليوس Hevelius في دانزغ وهويجن في لندن ، مرور عطارد في 3 أيار 1661 (وكان هذا ثالث مرور رصد) .

هذا الجدول السريع قد يعطي فكرة عن كثرة الارصاد المفيدة . انما يجب الاعتراف ايضاً بمحدودية الغنى الناتج عن هذه الارصاد . لا شيء يشبه في كل هذه القوة الخلاقة عند شخص مثل كبلر او غاليليه . اما أجبدة فأتت من التقدم في صنع الآلات من قبل عالم كامل هو هويجن .

هويجنس - استهوت المسائل البصرية هويجن الذي فهم ان التقدم الجديد في مجال علم الفلك مرهون بتحسين الآلات . وفصل اول ناظر له في سنة 1655 . وفي سنة 1659 كتب ما يلي : « يوجد في التلسكوبات المزدودة فقط بزجاجات محدودة ، مكاناً ما يقع بالنسبة الى العين على مسافة أكبر بمرتين تقريباً من المحدود بحيث انه اذا وضعنا في هذا المكان داخل الانبوب شيئاً دقيقاً وصغيراً منتهى الصغر ، فان هذا الشيء يرى واضحاً ضمن اطار في منتهى الوضوح ، بحيث انه يسحب من الرؤية ، ونسبة تناسب مع ابعاده الجانبية ، قسماً من شيء مثل القمر منظوراً اليه بواسطة التلسكوب . . » .

هذا النص الذي يعالج فيه هويجن « الفاصلة » ، التي هي جدة الميكرومتر ، يدل على ان فوائد جهاز الرؤية اللام او الجامع ، التي اشار اليها كبلر سنة 1611 ، هذه الفوائد بقيت 50 سنة حتى دخلت في مجال التطبيق العملي . واذاً فقد فهم هويجن تماماً اي مكسب يمكن ان يستفاد بالنسبة الى قياسات الزوايا .

الا ان التقدم الذي حقق في قطع العدسات ، وبصورة خاصة من اجل اعطاء سطوح العدسات الانحناءات المطلوبة ، بدقة كافية ، مكنت هويجن من ان يضيف الى اكتشافات غاليليه مكتسبات مفيدة جداً

لا شيء يشبه ، بالضبط ، الضجيج المتفعل الذي تسبب به كتاب سيدروس نونسيوس Sidereus nuncius . ولكن سنة 1655 تعتبر انطلاقة جديدة لعلم النجوم المبني على الرصد .

فقد اكتشف هويجن ، بادئ الامر، تيتان Titan، وهي اكبر التوابع بالنسبة الى زحل Saturn، فالقمر والتوابع الاربعية الغاليلية للمشتري، هذه هي اذن ستة توابع معروفة ككواكب سيارة. هذه المطابقة العديدة، ارتدت في نظر هويجن معنى : فقد بدا له انه من المستحيل ان يكون هناك عدد من التوابع يفوق مجموع عدد السيارات. وسادت الفكرة « المسبقة » على امكانات الرصد. واكتشف ج-د. كاسيني. J. D. Cassini - التابع « جايت » Japet سنة 1671 ثم « رها » Rhéa سنة 1672، دون ان تتوفر له آلة متفوقة على آلة هويجن (اكتشف كاسيني Cassini ايضاً تابعين آخرين لساتورن : تيتيس Téthys وديوني Dioné في آذار سنة 1684).

ولكن بميزات هويجن كراصد اخذت كل امتيازها سنة 1656 عندما اوضح سر « الكوكب السيار ذي الاجسام الثلاثة »، أو « الكوكب الثلث » كما قال غاليلي. ورأى هويجن ووصف بدقة « الحلقة ». لقد اخضت هذه سنة 1655، ولكن هويجن استطاع ان يتتبع عودتها البطيئة المتتالية. صحيح انه اتخذ « الحلقة » باخفاء المعنى الحقيقي لاكتشافه بشكل جناس تصحيحي :

AAAAAA CCCCC DEEEEG H III III LLLL MM NNN NNN NNN
OOOO PP Q RRS TTTT UUUUU (O

(مذكرته : ساتورنو لونا نوفا، Saturni luna observatio nova، 1656)
ولكنه، في سنة 1659 وفي كتابه « سيستا ساتورنيوم » Systema Saturnium اعطى التفسير : حلقة رقيقة، سطح بدون تماسك، منحدر فوق المدار.

وتوقع ايضاً اختفاء هذا الشيء الغريب (معلناً حصوله في تموز آب 1671، بدلاً من ايار) وفسر بدقة هذه الاختفاءات الدورية : عندما تكون الشمس والارض ، على التوالي في سطح الدائرة او الحلقة ، تعمل رقة الشيء ، وانعدام الظل المحمول على حجيجه عن نظرنا .

ان ميزة هذا الاكتشاف ، وميزة تفسيره الصحيح يجب ان لا يقلل من قيمتها : فلم يعرف اي شيء مشابه ، ونعرف ان شيئاً مماثلاً لم يكتشف بعد ذلك. الا ان هويجن بالذات يلاحظ : « اذا كان المراقبون السابقون قد استعملوا مناظير اكبر ومجهزة بعنسات افضل، فانهم من غير شك على الاطلاق، كانوا قد رأوا نفس الاشياء التي رأيناها سنة 1655، وكذلك في 13 تشرين اول من السنة التالية » (سيستا ساتورنيوم Systema Saturnium، 1659) .

ان الترابط المتين بين تقدم آلات الرصد والقياس وتقدم العلم بالذات، وهي فكرة عادية اليوم، بدت تحت قلم هويجن، مؤشراً على عصريته. وقد ساهم ايضاً في تحقيق نفس الفكرة، حين قدم في 16 حزيران 1657 عمله حول الساعة ذات الرقاص : وسوف تلعب هذه الآلة دوراً اساسياً عندما سوف تصبح القياسات الطولية الدقيقة ممكنة .

في الوقت الذي انشأ فيه لويس الرابع عشر اكااديمية العلوم واسس مرصد باريس، استدعي هويجن الى باريس من قبل كولبير Colbert. وعرف فيها بيكار Picard ، أوزو Auzout، وكاسيني

Cassini. ولكنه اضطر ان يقطع علاقاته بفرنسا قبل نقض مرسوم نانت Nantes. وعاد الى هولندا ، فكرس بقية حياته في بناء الآلات البصرية ، بمساعدة اخيه .

المنظار آلة قياس - بعد اختراع الناظور بمدة طويلة ظلت المضادات Alidades ذات الوريقات مستعملة كأدوات وحيدة لقياس الزوايا . وجمع هفليوس Hevelius ملاحظات المواقع الحاصلة بالعين المجردة والتي لم تكن ذات فائدة كبيرة: لقد استخرج كبلر كل ما يمكن استخراجه من القياسات الممتازة التي حصلها تيكوبراهي Tycho Brahe. ربما كان الرصد روتينيين جداً ، وكان يقتصرهم الخيال الميكانيكي . ويمكن الظن أيضاً ان جذب الجديدات ، والمظاهر التي تفوق التصور في السماء كانت تكفي لاجتذاب الانتباه .

وربما كان جان باتيست موران Jean -Baptiste Morin هو اول من فكر في ان يزود الناظور بدائرة مقسمة . ولكن ناظور موران لم يكن مزوداً بشبكة : واذا لم يكن خط التصويب محدداً

في كانون الاول 1666 قدم آدريان اوزو Adrien Auzout الوصف الكامل للميكرومتر ذي برغي مزود بخيوط ثابتة وبخيوط متحركة . وفي السنة التالية : « الاسلوب الصحيح لاختد قطر الكواكب ، والمسافة بين الكواكب الصغيرة ، ومسافة الامكنة الخ . ولكن للدخلة التي اجراها حول هذا الموضوع في « الجمعية الملكية » في لندن في 28 كانون الاول 1667 ، اشارت الى القياسات حول الثريا ، والتي تمت بالاستعانة بالميكرومتر من قبل كرابتري Crabtree (1619 - 1644) . ويبدو انه من الممكن ان تكون اعمال غاسكويني Gascoigne وكرابتري Crabtree ، وحتى اعمال الشاب هوروك Horrocks ، الذي سبق وورد ذكره بمناسبة الحديث عن مرور الزهرة - مجهولة من جراء الاضطرابات التي خضعت انكلترا في تلك الحقبة من تاريخها .

ومهما يكن من امر ، فان تعميم استعمال الميكرومتر بحسب التقنيات التي وضعها اوزو (1) Auzout حصل سنة 1666 .

وسرعان ما قام جان بيكار Jean Picard (1620 - 1682) الذي كان رئيس علم الفلك الفرنسي ، قبل مجيء كاسيني ، بتركيب ناظور ذي شبكية بصرية فوق ربع الدائرة (ذات شعاع 1,03 م) استعمله لكي يقيس الدرجة الأرضية . وقد تم هذا القياس الشهير بحسب أسلوب الزوايا المثلثة الذي وضعه سنيليوس : Snellius .

وجرى قياس ثلاثة عشر مثلثاً بين سوردون Sourdun ، قرب اميان Amiens والفاوازين

(1) نثر على تفصيلات حول هذا الخضم على الاسبقية في داتجون Danjon وكودر Couder : نواظير وتلسكوبات ، ص 627 - 629 ؛ وعند هنري رينان Henri Renan . الميكرومتر الجديد المسجل للدائرة الماخريّة (Meridian) في بستان مرصد باريس . (حوليات مرصد باريس ، مجلد 26 ، وفي الاطروحة للمسحوبة التي وضعها ر. مك - كون R.Me. Keon ، باريس ، 1965) .

Malvoisine ، قرب باريس. ان القوس $1^{\circ}22'55''$ يعادل 78 850 قامة أي ما يعادل 57060 قامة بالدرجة . وسوف نرى كيف أن هذه النتيجة ، وهي تصحح التقديرات القديمة ، أفادت نيوتن .

وأصبحت العناصر المختلفة لصنع آلة لرصد المرور متجمعة . وفهم بيكار Picard هذا ، كما فهم أهمية القياسات ذات الدقة المتناهية . وكان سابقاً لزمانه ، فآلى على نفسه قياس زاوية الاختلاف للنجم α من النسرة الواقع . ولم يكن بالتأكد ليقدر على ذلك . ولكن مبادرة أخرى من مبادرته تستحق ان تذكر : فبعد ان استكمل الفلكي الدانزيكي جان هيكر Jean Hecker وضع جداوله الفلكية سنة 1680 ، اقترح بيكار سنة 1679 ، حساب « معرقة الأزمنة او الحركات السماوية » ؛ ووضع بيكار السنوات الخمس الأولى ؛ وخلفه لوففر Le Fèvre حتى سنة 1702 ، واعتاد ان يقدم الكتاب كل سنة الى الملك .

ومات بيكار قبل انتهاء اول آلة الهجرة (نصف النهار) في مرصد باريس وهي قطاع حائطي وضع قبالة البرج الغربي من المرصد من قبل ف. دي لاهير Ph. de la Hire . ولكن بعد ذلك الحين ، أصبح تقدم عالم الفلك مرتبطاً بتنظيم المراصد الكبرى .

المراصد الكبرى - تم تأسيس مرصد باريس بناء على قرار من لويس الرابع عشر سنة 1667 . ومن اجل مقارنة الرصودات والقياسات الجارية في باريس ، برصودات وقياسات تيكو براهي ، ارسل بيكار الى الدانمرك ، بمهمة إعادة القياسات من موقع اورانيبورغ Uraniborg ، حيث المرصد الشهير ، مرصد تيكو . وكانت رحلة مشمرة حقاً : بين بيكار ان القياسات الهجرية (خط نصف النهار) التي وضعها تيكو يجب ان يدخل عليها تصحيح مقداره $(18'')$ ؛ ودون ان يتنبه للامر ، اثبت ظاهرة الانحراف ⁽¹⁾ : « يقول بيكار : ان النجم القطبي يتعرض لتغيرات لم يلاحظها تيكو ، وانا ارصدها منذ عشر سنوات » (1672) . واخيراً ، وليس هذا بالنتيجة الاقل لرحلته ، عاد بيكار الى باريس وبرفقه فلكي شاب سوف يكون مشهوراً هو اولوس رومر Olaus Romer . وهكذا تكونت مدرسة باريس الفلكية من بيكار ، وأوزو Auzout ، ورومر Romer وهويجن . وبعد 1669 ، ضمت هذه المدرسة كاسيني Cassini الذي سوف يصبح رئيسها .

ولد جان دومينيك كاسيني Jean - Dominique Cassini في كوتية نيس سنة 1625 ، وعلم بعد 1650 الرياضيات وعلم الفلك في جامعة بولونيا . وفي هذا المكان ، استلم ، سنة 1669 ، طلب لويس الرابع عشر اليه لينضم الى العلماء في اكاديميته الجديدة للعلوم (واعطي الجنسية الفرنسية سنة 1673) . وقد سبقت الاشارة الى اكتشافاته لتتابع زحل ؛ وفي سنة 1666 ، حصل على تقدير جيد لدوران المريخ (24° \pm 40° بدلاً من 24° \pm 37°) . وفي باريس سنة 1675 اكتشف انفصال حلقة زحل الى قسمين (وحمل الاكتشاف اسمه فقيل قسمة كاسيني للدلالة على هذه الفرقة بين الحلقات) .

(1) انظر لاحقاً « معرفة النظام الشمسي » .

ووضع جداول دقيقة لتوابع المشتري، وطلب الى رومر ان يثبت منها. ولكن هذا وجد تأخيراً او تقدماً منهجياً في كسوفات هذه التوابع، بحسب ما اذا كان المشتري متصلاً أو مقابلاً. والى رومر وحده يعود الفضل في التاويل الصحيح لهذا الفارق في التوقعات : ان الفارق الشامل (22) بحسب قياساته بدلاً من 16 بحسب القياس الحديث (يمثل ضعف الوقت الذي يضعه النور ليجتاز المسافة من الشمس الى الارض . ومذكورة رومر Romer حول سرعة النور يعود تاريخها الى 22 تشرين الثاني 1675، كما تذكر ذلك في مرصد باريس لوحة تذكارية عن هذا الاكتشاف الذي يعتبر مرحلة جديدة في دراستنا للعالم الفيزيائي.

اما تأسيس مرصد غرينتش فله نشأة مختلفة تماماً . فقد قرر الملك شارل الثاني، بناء على اقتراح جون فلامستيد John Flamsteed (1646 - 1719) ، الذي استشير حول مشروع يتعلق بقياس خطوط الطول في البحر، تأسيس مرصد، وعين فلامستيد فلكياً ملكياً (مع راتب قدره 100)ليرة في السنة) بهدف القيام بكل رصد مفيد للملاحة ولعلم الفلك. وقد جاءت الملاحظة قبل الفلك، مما يفسر اختيار الموقع، في ساحة غرينتش، المشرقة على مصب نهر التايمس. وكانت فكرة فلامستيد كما يلي : تنظيم جدول بالنجوم مع الاستعانة بقياسات الناظور لتحسين النتائج التي حصل عليها تيكو Tycho؛ ثم الحصول على جداول صحيحة عن القمر؛ ذلك ان تنقل هذا الكوكب السيار فوق سطح كرة الثوابت يشكل علامة بالنسبة الى البحارة، فيتيح لهم، بعد معرفة ساعة لندن، كيف يقدرّون خط الطول الذي هم فيه. ولم يمتلك فلامستيد آلة مرضية الا بعد 1689، ومن هنا قلة عجلته في نشر النتائج التي حصل عليها، وهذا البطء جلب له عداوة نيوتن . وتفهم عجلة هذا الاخير لمعرفة ما اذا كانت رصائد القمر تؤكد وتثبت النظرية المرتكزة على معطيات اقل دقة .

ويجب قرن اسم فلامستيد Flamsteed باسم خليفته المستقبلي ادمون هالي Edmund Halley (1656- 1742) الذي كان استاذ الجيومتريا في اوكسفورد. وكان صليفاً لنيوتن، فالحق على هذا الاخير حتى ينشر « المبادئ »، وهذا يكفي لبيان فضله. ولكن اسمه اشتهر باسم المذنب الذي رُئي في سنة 1681 - 1682 قبل مروره وبعد مروره في مركزه الاقرب الى الشمس وقدم عناصر مساعدة جداً للحسابات . وحسب مداره، ثم بعد ان عرف ان نفس المذنب قد درس سابقاً ، استطاع ان يتنبأ بعودته في سنة 1758⁽¹⁾. واخيراً درس هالي المغناطيسية الارضية ، وهذا الشأن، قام برحلة الى نصف الكرة الجنوبي، حاملاً عند عودته ارصداً فلكية ثمينة حول قسم من السماء غير معروف بصورة جيدة .

III - الانجازات الفلكية التي حققها نيوتن

تعتبر اعمال نيوتن تنويعاً ونهاية للعمل الفلكي في القرن السابع عشر، وهي تتجاوز اطار علم الفلك كما تتجاوز اطار الميكانيك. والرجل الذي قال « اذا كنت قد رأيت ابعث من الاخرين،

(1) حول هذا الموضوع انظر فصل « معرفة النظام الشمسي » .

فذلك، لأن صعدت فوق اكتاف العمالقة». هذا الرجل هو واحد المنارات في الفكر البشري التي تعتبر معالم التاريخ. واشعاعه لا يمكن أن يحد بفصل واحد من فصول العلم.

ولد في ولستورب، في لينكولنشاير Lincolnshire، في انكلترا، في الخامس والعشرين من شهر كانون الأول سنة 1642 (تقريباً). اهتم نيوتن بالرياضيات أولاً، في جامعة كامبريدج حيث دخل إليها سنة 1661. وقد أجبرته سنوات الطاعون الكبير (1665 - 1666) إلى العزلة المطلقة في بلده الأم. هذه السنوات اتاحت له أن يشرع بحماس في تكوين عمل حياته⁽¹⁾.

إذا كانت أفكار نيوتن هي ثمرة تأمل عميق ومنعزل، فالتنا نفعهم بصورة أفضل مداها إذا ذكرنا كيف كان سابقه وبخاصة كبلر يطرحون مسألة الجاذبية الأرضية والجذب الكوني.

اثبت آ. كوبري A. Koyré أنه إذا كانت الجاذبية الأرضية، والجاذبية الكونية تبدوان لنا مرتبطين، أن هذه الشراكة الطبيعية لم تكن تبدو كذلك لرجال القرن السابع عشر ولا لنيوتن أيضاً: أن الجاذبية الأرضية ملموسة مباشرة أما الجذب الكوني فهو عمل من بعيد، لا يمكن أن يوجد إلا بين اجسام توصف بأنها متشابهة.

يصرح كبلر في كتابه استرونوميانوكا، 1609، أن الجذب المتبادل بين الاجسام ذات الوزن هو اساس نظرية الجاذبية الأرضية، وأن هذا الجذب يتناسب مع الضخامة أو جرم الاجسام. ولكن هذا الجذب المتبادل يبدو له ممكناً فقط بين اجسام من ذات العائلة، مثل الأرض والقمر، لا بين الأرض والكواكب، وبصورة خاصة لا بين الشمس والكواكب الأخرى: أن الشمس هي ذات مفعول محرك (كان كبلر يجهل مبدأ الجمود ومبدأ استمرارية الحركة في نظره كان يقتضي وجود قوة ذات منشأ مغناطيسي أو شبه مغناطيسي).

أما مفهوم الجذب الذي يقتضي فعلاً من بعيد، فقد انكره ج. آ. بوريلي G.A. Borelli (1608 - 1679): ولكن كتابه تيوريكامديسا... (فلورنسا 1666) يشير إلى قانون الجمود. والحركة الدائرية بين الكواكب تجر وراءها وجود قوة نابذة يجب أن تعادل القوى الجاذبة.

ويقتضي قانون الجمود أيضاً أن يكون الفضاء لا متناهياً ومتجانساً. وهنا يصيب بوريلي الهدف تقريباً. ولكنه لا يصل إليه لأنه يرفض فكرة الجذب لأن معارفه الرياضية الناقصة لا تسمح له بأن يستمد كل النتائج. بعد أن ذكرنا بإيجاز ماهية أفكار العلماء في القرن السابع عشر حول مسألة ميكانيك السماء، عندها نتجلى أصالة فكر نيوتن وطريقته ضمن إطارها. وبدون أن يعرف، على ما يبدو، أفكار بوريلي، وضع معتمس ولستورب Woolsthorpe بصورة كاملة حساب القوى النابذة. واستخرج

(1) قال سنة 1714 من هذه الحقبة: كنت يومئذ في أوج قوتي الخلاقة، وكنت مولماً بالفلسفة بشكل لم يتح لي فيما بعد. (ذكوه. آ. كوبري).

من حركة الكواكب ماهية زخم القوى الجاذبية التي تعادل القوى النابذة ، من اجل الاحتفاظ بشكل دائم ، بالكواكب في مداراتها .

وهكذا وجد ان الشمس تجذب الكواكب بمعدل عكسي لمربع المسافة بينها . فضلاً عن ذلك بعد ان قارن جذب الارض للقمر ، وقوة الجاذبية التي تهبط بالاجسام فوق سطح الارض ، استطاع ان يحدد بشكل عام ماهية هاتين القوتين .

ومهما بدا هذا العمل عبقرياً ، يبقى انه غير كامل ، ولم تخف هذه الصفة على نيوتن الذي لم يشأ ان يعلنها ؛ وبالفعل وضع قانون الجذب على أساس عكس مربع المسافة ، مفترضاً ان حركة الكواكب دائرية . ومن جهة اخرى ان المقارنة الدقيقة بين الجاذبية الارضية والجذب السماوي يتطلب معرفة قانون جذب شيء (الجسم الثقيل) من قبل كرة ملأته ، (الارض) . وكان من الواجب ايضاً ، وان كان هذا اقل اهمية ، الحصول على قياسات دقيقة حول زخم الجاذبية ، وحول شعاع الارض .

واخذ فكر نيوتن يتصاعد ببطء ، ضمن هذا المجال من الميكانيك ، وبذات الوقت اخذ يطوق اعماله حول البصريات . في هذه الاثناء اخذ يتمثل تدريجياً كتاب هويجن (تاريخ الرقاص ، 1673) . وحملته الملاحظات مع هوك (1635 - 1703) الى استعادة مجمل الموضوع ، وفي كتابه الذي صدر سنة 1674 بعنوان : « محاولة لاثبات حركة الأرض » . . . اعتمد هوك بصورة نهائية قانون الجرمود ، واعاد النظر بفكرة الجذب المتبادل بين الكواكب والشمس دون ان يستطيع التوصل الى قانون الجذب .

وفي سنة 1680 عاود نيوتن النظر في تفسير حركة الكواكب ، ولكنه هذه المرة اعتبر الحركة بوضاوية ، وانما مسببة ، بفعل قوة مركزية ، الجذب من قبل الشمس على الحركة المستقيمة التي تحدث بفعل الجرمود فقط . وعندها برزت امام عينه نتيجتان اساسيتان ، وفي الحال :

1 - كل حركة خاضعة لقوة وحيدة ومركزية تخضع الى قانون المساحات (القانون الثاني عند كبلر) .

2 - اذا كان الفعل المركزي متناسباً عكسياً مع مربع المسافة ، فان المسار هو مخروطي ، احدى بؤرتيه تقع في مركز الجذب . (القانون الاول عند كبلر) .

وبين ايضاً ان قوانين كبلر تؤدي ، عكسياً الى القول بان قوة الجذب تتجه نحو المركز وان زخمها يتناسب عكسياً مع مربع المسافة . واخيراً جر قانون الجذب هذا قانوناً ثالثاً (الهرمونيك = الانسجام) . .

وبعد 1684 اعلن نيوتن ، في كتيب اسمه الدافع = *De motu* ، قدمه هالي الى الجمعية الملكية ، مجمل هذه النتائج . ولكن كان هناك حلقة اساسية ناقصة في هذا البناء . وفي سنة 1685 فقط استطاع ان يحكم السبك فقال : من اجل جذب يتناسب عكسياً مع مربع المسافة ، ومن اجل قانون الجذب هذا فقط ، يساوي جذب جسم من قبل كرة ملأته ، الجذب الذي تحدثه كل ماهية الكرة اي جرمها المتمركز في مركزها .

ولكي يثبت نيوتون ذلك توجب عليه ان يستكمل ، بل ان يوجد اداة جديدة رياضية سماها حساب التدفقات ، وهو اساس الحساب التفاضلي وحساب التكامل .

وفي سنة 1685 انتهى نيوتن كتابه الرئيسي : الفلسفات الطبيعية مبادئ الرياضيات . وبذات الوقت اتاحت اعمال هويجنس (حول قياس تسارع الجاذبية الارضية) واعمال بيكار Picard (حول قياس شعاع الارض) اتاحت لنيوتن ان يكمل المقارنة الفعلية لقوى الجاذبية الارضية والجذب الكوني . واخيراً ظهر العمل الذي سجل احدي ذرى تاريخ الفكر البشري ، وذلك سنة 1687 . وقد دلت على اهميته مجموعة اعمال خلفاء نيوتن . في الفلك سوف يكون العمل الكامل تقريباً في القرن الثامن عشر ، مرتكزاً على نتائج قانون الجذب الكوني .

.. ولن نهي هذا الفصل بدون التذكير بان عمل نيوتن في البصريات ، قدم ايضاً لعلم الفلك وسيلة جديدة للرصد هو التلسكوب ذو الانعكاس⁽¹⁾ كما قدم ايضاً وعداً بتطور عجيب : التحليل الطيفي للضوء ، تحليل لن يفهم معناه الا في القرن التاسع عشر .

من المنظار الى 'المراصد - وبين غاليليه ونيوتن فترة شباب علم الفلك الحديث ، مع ما فيها من حماس واخطاء ايضاً ، ولكن بنشاط وبكاسب جعلت منها حقبة في تاريخ الاكتشاف الكوني .

ومن كيلر الى نيوتن مروراً بهويجنس وبيكار Picard ، نضج العلم الحديث . واهمية عمل نيوتن من الناحية النظرية يجب ان لا تنسينا العمل المزوج الذي قام به رصاد مشهورون او مغمورون : فمن المجد كاسيني Cassini ، الى المنصور غولتييه دي لفاليت Gaultier de la Valette ، هناك عمل جماعي قامت به مجموعة من الراصدين . لقد ارتدى العلم الاعرق حيوية جديدة . ويكفي اسم غاليليه لكي يذكر بان هذا العلم ظل اكبر محرر للعقل البشري . .

(1) هذه الالة التي شرحت نظريتها من قبل جيمس غريغوري James Gregory سنة 1663 انجزها تقريباً وبأن واحد ، وباشكال متفارية ، كاسجرين Cassegrain ونيوتن . وقد قدم هذا الاخير انه الى الجمعية الملكية في شباط 1672 . والتطور اللاحق الذي اصاب التلسكوب سوف نستعرضه في المجلد الثالث عند درسا لانيجازات وليام هرشل William Herschel .

الفصل الرابع :

ولادة البصريات الرياضية

I - التقنيات التجريبية والنتائج الحاصلة

الادوات البصرية في بداية القرن السابع عشر - ارتبط التجديد الذي ظهر في تطور البصريات منذ بداية القرن السابع عشر، في معظمه، بالتقدم التقني، المتواضع والمغفل غالباً، الذي حققه صنع أدوات بصرية، وعدسات، وبماهر (ميكروسكوب) ونواظير نجومية (فلكية)

ونشأة العدسات المخصصة للمناظير غير معروفة تقريباً . وفي بعض الاحيان يعزى اختراعها الى الفلورنسي سلفينو دجلي أرماتي Salvino degli Armati (1299). والأغلب والأرجح ان نشأة صنع العدسات هي نشأة احترافية مغلقة، وهذه العدسات الزجاجية المحدبة ثم المقعرة أو الجوفاء كانت تستعمل للحصول على مفاعيل تكبير ولتصحيح الرؤية . وحتى القرن الخامس عشر كان الاهتمام قليلاً جداً بدراسة عملية العدسات الزجاجية دراسة علمية .

وقد سبق ان بنى ليوناردا فنشي Léonard de Vinci غرفة مظلمة واخذ يقارن شغلها بشغل العين . ومن جهة اخرى، ومنذ القرن السادس عشر استعملت المرأة المقعرة كميكرسكوب (جيوفاني رونسي 1523) واخيراً وحوالي 1550، وفي صقلية انجز ف. موروليكو F. Maurolico دراسة منهجية حول المؤشرات وحول المرايا الكروية، وحول عملية الرؤية . وتدل اعماله التي لم تنشر الا في سنة 1611 على اعمال كبير الذي بدا جاهلاً لها جاهلاً تماماً .

واللامبالاة التي لاقى فيها الفيزيائيون العدسات الزجاجية، تعزى في معظمها الى الحذر الذي رافق النتائج الحاصلة على هذا الشكل . فقد كان العلماء يعتبرونها كالاغيب محل الوهم والخيال مثل الرؤية البسيطة والصحيحة .

وقد ظهر اول كتاب منهجي وانتشر بصورة واسعة، حول العدسات بقلم النابوليتاني ج. ب. ديلا پورتا G.B. Della Porta (السحر الطبيعي، طبعة 1589، 2) . وبلدت العدسة او البويضة الزجاجية وكأنها تدخلت ايضاً في وصف الناظور ذي المعالين المتفرج . فضلاً عن ذلك، صنع في سنة 1590 اول منظار ذي معالين متفرج . ولكن صنع الادوات المماثلة تطور في هولندا بعد 1604 .

وفي سنة 1610 لفت غاليليه Galilée الانتباه الى الإمكانيات التي يمكن أن يقدمها الناظور ذي المعائن المنفرج . وباستخدام هذا الناظور لرصد الظواهر السماوية ، أثبت غاليليه وجود توابع المشتري ومع ذلك فالتائج الحاصلة على هذا الشكل كانت موضوع نزاع بين غاليليه الفيزيائيين . فحتى كبلر نفسه وقف محجاً تجاهها في بادئ الامر ، ولكن بعد ايلول 1610 أيد بصورة رسمية صحة تجارب غاليليه . وفي كتابه ديوبتريس Dioptrice ، المنشور سنة 1611 طور كبلر علماً بصرياً جيومترياً للعدسات وللناظور النجمي الذي وضعه غاليليه ، كما طور آلة التصوير من بعد . وفتح استعمال الحواجب ، حين ضيق على الرزمات الضوئية ، وخصرها بالأشعة المركزية ، إقامة توافق تناظري بين نقطة الصورة ونقطة الشيء . واخيراً بدا ان الشكوك الباقية كانت تحيط باستعمال العدسات وبصورة خاصة الناظور النجمي قد زالت فتحسين الناظور إنتاج تقدماً ضخماً ومباشراً في مجال علم الفلك وعلم البصريات .

تقدم التقنيات الآتية : الناظور النجمي والمجهر أو الميكروسكوب - رغم اشتهاه اكتشافات غاليليه ظلت نماذج النواظير النجمية نادرة . وظل بناء هذه الآلات صعباً . فقد كان بناءها مقصوراً على الشخصيات العلمية او علماء البصريات المشهورين مثل ديكارت Descartes و هوك Hooke وهويجنس Huygens الذين لم يكونوا بأنفوس من صنعها بأيديهم ، رغم دقة هذا الصنع .

وكانت النواظير الاولى النجمية مكونة من عدسات محاطة بانابيب من كرتون تنزل بعضها فوق بعض . ولكنها استبدلت سريعاً بانابيب من نحاس اصفر . إلا ان زيادة قوة هذه المعدات كان يقتضي زيادة في المسافة البؤرية للعدسات وبالتالي زيادة في طول الانابيب . ووجد هويجنس حلاً لهذه المسألة حين استبدل انبوب الناظور النجمي بحاملة صلبة . وبعدها اقتصرت الصعوبات على صنع الزجاجات . وفي 1660 تقريباً مكن تقدم الصقل الزجاجي من الحصول على عدسات مكبرة جداً .

ويبدو من الطبيعي جداً تطبيق مبدأ المنظار النجمي في بناء العدسات الامم الذي مكن من مشاهدة الأشياء الصغيرة . والواقع ان التفریق الواضح بين الميكروسكوب والمنظار لم يحصل الا بصورة تدريجية . ففي بداية الامر بدا ان ذات النظام البصري قد استخدم لعدة غايات بعد ادخال تعديلات تفصيلية .

وظهرت المجاهر الاولى حوالي 1615 ، ولكنها ظلت خلال النصف الاول من القرن السابع عشر في حالة النماذج النادرة . وكان اشهرها هو ميكروسكوب ديكارت الشهير ذو العدسة الشديدة التحجب . واقرن صنع المجاهر بصعوبات اكبر من الصعوبات التي اعترضت بناء العدسات : فسوء نوعية الزجاج كان يتعارض مع وضوح الصورة . والزيف التلويحي لم يكن يعطي النتائج مشوشة لم تكن تشجع الصنّاع على تكثيف صناعة قليلة المردود . وظهرت اول دراسة ميكروسكوبية حقه حوالي 1660 فقط ، في كتابات هووك Hooke (ميكروغرافيا ، لندن 1665) ، ثم تلاه سومردام Swammerdam ومليجي Malpighi واخيراً ليونيهوك Leeuwenhook . وكانت فائدة

الملاحظات المحقة بواسطة الميكروسكوب قد بدت بعد ذلك اكيدة. وفي اواخر القرن السابع عشر انتشر صنع هذه العدسات انتشاراً كبيراً .

وبدت المجاهر البسيطة (اي المصنوعة من عدسة واحدة) وكأنها اعطت نتائج مرضية في تلك الحقبة . واستخدم ليونيهوك Leeuwenhook مجاهر بسيطة ذات حجم بسيط . واصبح هذا النوع من الآلات شائعاً خلال السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر . واضيفت اليه توابيع تسهل استعماله مثل الحملات المتحركة ، والمسطرة التي تدور في مكانها . واستخدمت ايضاً كرات زجاجية صغيرة جداً لتحل محل العدسات الصغيرة التي كان استعمالها صعباً للغاية .

ومن جهة اخرى ومنذ منتصف القرن السابع عشر تم صنع مجاهر معقدة . فقد صنع الاخوان هويجن في تلك الحقبة مجاهر ذات ثلاث زجاجات . العدسة التي تلي الهدف او الهادفة والعدسة التي تلي العين او المعائن والعدسة الوسيطة او الحقلية . وكانت هذه العدسات مفروسة ضمن انبوين جرارين . واجرى هوك Hooke ملاحظاته بواسطة مجاهر مركبة من هذا النوع ، تتضمن عدة انابيب انزلاقية مائلة . وكانت قوة التكبير فيها تتراوح بين 30 و40 مرة .

وادخلت تحسينات مهمة ، وبصورة تدريجية في صنع المجاهر المركبة . وفي سنة 1668 استعمل معائن مكون من عدستين كل واحدة منها مسطحة من جهة ومحدودية من الجهة الاخرى . وفي اواخر القرن السابع عشر توصل الصناع الى صنع مجاهر ذات مفصل دائري يسمح بحمل الحمل وتدويره في كل الاتجاهات . وصنع ايضاً مجاهر ذات لولب استرجاعي ثم ذات لولب ميكرومترى بحيث يسهل التصويب وهذا كان أمراً شاقاً ودقيقاً . وقد عرف من ذلك الحين مجهر وحيد ذو معائن مزدوج اي ذو انبوين . وقد صنع سنة 1722 بناء على توجيهات الاب شارووين Chérubin .

المعطيات التجريبية في أواخر القرن السادس عشر- منذ العصور القديمة كانت خصائص الاشعة الضوئية معروفة من حيث النوعية : انتشار مستقيم ، ارتداد وانكسار . وبصورة مبكرة استخدمت خصائص العدسات والمرابا الكروية ، وكذلك ظاهرات تشتت الضوء عن طريق الموشور . وقد وصف اقليدس هذه التجارب في كتابه كاتوپترك كما وصفها بطليموس Ptolémée وداميانوس Damianus في كتاب أوبتيكا (راجع المجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 2 ، الفصل 2) . ولكن للأسف لم تكن هذه المعلومات غير الدقيقة تسمح بالحصول على أي تبسيط للمعطيات التجريبية وبالتالي لم تكن تسمح بأي نتيجة كمية .

هذا الفشل امتد حتى ان ابن الهيثم اقترح في مطلع القرن الحادي عشر تفسيراً ميكانيكياً لانعكاس النور على المرابا المسطحة والكروية (راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 2) .

وشرع في تفسير مثير لانحراف الضوء الا انه لم يصل به الى اي استنتاج واضح .

وفي بداية القرن الثالث عشر ظهرت معالم نوع من التجريد التجريبي . وتكاثرت التجارب

واستخدمت الغرف المظلمة والمشورات والعدسات والمرابا من كل الأنواع. ومع ذلك وإذا كان استخدام العدسات شائعاً فإن كيفية عملها ظل غامضاً. لا شك أن باكون Bacon شرح البناء الهندسي لنقطة الاشتعال الحاصلة من جراء عدسة محدوبة منارة باشعة الشمس. وعلى كل حال ظل القانون العام للظاهرة غير معروف (راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8) .

وفي سنة 1593 حاول ديلا بورتا Della Porta أن يفسر انحراف الضوء في وسط محدب بسطح مسطح (ديفرنكسيونه De refractione) واصطلم بصعوبات ضخمة سببها عدم وضوح المعلومات لديه، وخاصة اوالية الرؤية التي استخدمها. وحتى بداية القرن السابع عشر بدا وكان الفيزياء التجريبية لم تكن تعرف كيف تطرح بشكل صحيح المسائل التي كانت تهتمها، مع اشتباها ببعض السمات في حلول كان يمكن أن تستعمل في هذه المسائل.

التقدم المحقق في التقنيات التجريبية وفي تفسير النتائج الحاصلة - استطاع كبلر أن يمرر من التجربة العناصر الأساسية التي سوف تستخدم لتوضيح قوانين علم البصريات الهندسي.

وفي كتابه المسمى «فيتليونوم» AD. Vitellionem 1604 « عدد في بضعة احكام ومقترحات المبادئ التي تسود انتشار الضوء المستقيم ، ثم اقترح نظرية للصور الحاصلة عن طريق الانعكاس وعن طريق الانكسار. كانت نظرية حديثة من حيث الاستنتاجات التي تؤخذ منها وخاصة من حيث الافكار التي تستخدمها: في كل نقطة هدف من الممكن ان نجد لها نظيراً في نقطة صورة. وهذه الصورة قد تكون خيالية وتحيلية، اذا كان الشعاع الذي يتلقاه الناظر قد كسر من قبل بفعل انعكاس او انحراف؛ وعندها تبقى الصورة في الامتداد المستقيم للشعة المرتدة فعلاً الى الناظر. ومع ذلك ، ورغم دراسة مفصلة لظواهر الانكسار، لم يتوصل كبلر الى استخراج القانون الصحيح. الا انه لاحظ نسبة زوايا الانحراف والانعكاس بالنسبة الى الانعكاسات الضعيفة. والمسألة وأن لم تحل الا انها طرحت طرْحاً سليماً وصحيحاً .

واستطاع كبلر باستعمال مناهج مماثلة ان يفسر تفسيراً صحيحاً عملية الرؤية. ولهذا فقد فضل وظيفة العين وهي اداة البصر، عن تدخل الناظر تدخلاً معقداً. ويفصل مسألة الايضار عن مسألة الفيزيولوجيا المقترنة بها دائماً ، استطاع ان يوضح دور الحجاب ودور الشاشة اللدني يلعبها يؤثر الشبكية . وبين اخيراً كيف يمكن للبس النظرات ان يصحح انحرافات الرؤية .

وقد توصل كبلر الى استخراج المبادئ التي تسمح بقياس علم البصريات الهندسي دون ان يتوصل الى ايضاح قوانينه بشكل جازم .

والتعبير الصحيح عن قانون الانكسار او الانحراف يبدو انه قد وجد - ولكنه لم ينشر - من قبل ولبرورد سنل Willebrord Snell (سنيليوس Snellius)، (1580-1626) . وأعلنه اسحاق فوس Isaac Voss (1618-1682) لأول مرة، ولكن بشكل تجريبي خالص. « ان الطريق المقطوعة في

نفس الوقت وفي الوسطين هي ذات نسبة ثابتة تعادل نسبة الكوسيكانت في الزاويتين (الكوسيكانت = قاطع التمام ، والسينوس يعني الجيب) .

ولم يشر ديكارت، في ديويثريك الذي نشره سنة 1637 كملحق لكتاب خطاب المنهج ، الى عمل فوس Voss ، ووضع نسبة السينوسات مكان نسبة الكوسيكانتات . هذا القانون قد يكون موضوع تبين مرتكز على مبادئ الميكانيك . في البداية درس ديكارت انعكاس الضوء فوق سطح مسطح وقارن هذه الظاهرة بقفزة طابطة مطاطة . وجره تحليل السرعة الى مكونات عامودية وافقية الى استنتاج سليم : ان زوايا السقوط والانعكاس متساوية . واستعملت طريقة مماثلة في انكسار الضوء عبر سطح مسطح : اذا كانت الاوساط شفافة فانها تترك جزئيات الضوء تمر مع تغيير المكون العمودي لسرعتها، وعندها نحصل على قانون السينوسات .

وانتقد فرمات بشكل ذكي طريقة ديكارت . وجاء اعتراضه الأكثر خطورة نابعاً من كون التبين الديكارتي يفترض وجوب الفرضية اللامعقولة والقاضية بان النور ينتشر ببطء في الهواء اكثر منه في الماء او في الاجسام ذات الوزن الأكبر . ورغم ما في هذا الافتراض من مخالطة ظن فرمات اولا انه « من غير المجدي البحث عن افتراض آخر لان الطبيعة نفسها تفسر نفسها بوضوح لصالحه » . ومع ذلك فقد توصل مسترشداً بمبدئه حول الحد الاقصى او الزمن الاقل ، الى تبين قانون السينوسات ، مفترضاً ، بالعكس انتشاراً أبطأ في الاوساط الأكثر وزناً . وهكذا ثبت علم البصريات الهندسية مبادئ التي اكملها اكتشاف الانكسار المزدوج الذي قام به برثولين Bartholin وهو يحن كما اكملته الدراسة النيوتونية لظواهرات التشتت والتوزع .

ومن جهة اخرى ، وخلال النصف الثاني من القرن اكتسب علم البصريات الفيزيائية اهمية متزايدة . وامن التقدم التجريبي للعزو الى استكمال الاجهزة ملاحظات أفضل سهلت بدورها التقنيات التجريبية . وأتاححت فرضيات العمل الأكثر غماساً اختيار العناصر ذات المعنى من بين جملة الملاحظات الممكنة . وفي سنة 1665 اثبت غريمالدي Grimaldi في كتابه ديبلوماس ظاهرات زيفان الضوء او انحرافه . وبذات الوقت عملت تجارب نيوتن على الشفرات الرقيقة ، وتجارب هوك Hooke وهويجن حول حصول التداخلات على اغناء المعطيات التجريبية بشكل غير متوقع . وأتاح اخيراً تطور الحساب المتناهي الصغر تحديد علم بصريات رياضية حقة حاول ان يفسر بمجمل هذه الظواهر . ويبدأ هذا التفسير ملتصقاً بفرضيات ممكنة الطرح حول طبيعة الضوء .

II - نظريات حول طبيعة الضوء

الارث النظري الذي جمع بخلال القرن السابع عشر : طبيعة الضوء ونظريات العناصر - مستنداً للتراث الاقدم يعتبر النور جوهرأ تشكل النار عنصره الاول . اما درجة المادية في هذا الجوهر فتبقى متغيرة الى اقصى حد ، ودورها مضخم نوعاً ما والنور يمكن ان يكون الجوهر الوحيد المولد

لكل الاشياء ، جوهر تشكل تحولاته الالوان وتؤمن وحدة الفيزياء . وهذا ما يمكننا ان نعرفه ، بمختلف الاشكال . من نظريات المدرسة الميليزية Milésienne (القرن السادس قبل المسيح) ومن فيزياء هيراقليت الايفيزي Héraclite d'Ephèse .

ويتواضع اكبر قد يشكل جوهر النار او جوهر النور واحداً من اربعة عناصر ، وبعد الدمج مع الثلاثة الأخرى تشكل الالوان التي تميز الاشياء . هذه العقيدة التي قد تعود الى انبيدوكل Empédocle انتقلت في التراث الشعبي قبل ان تستخدم كطرح في الفيزياء الارسطية .

تشكل النار في نظر ارسطو النور في حالته النعنية . ولكن نور الساء هو نار مذوبة ومشوهة بالعناصر الاخرى . في الطبيعة لا يمكن ان نعرف النور الا بمظهر الالوان التي هي تشويه للنور .

ومن الناحية العملية تقتصر فيزياء ارسطو ، وبصورة فريدة تصوره للالوان ، على تطوير نظرية المظاهر . والمدرسة الرواقية Stoicienne بعد ان علقّت او طعمت هذه التيارات بمفهوم العشق او اللطف خفت ايضاً من فعاليتها . اما التجديد السكولاستيكي ، في القرون الوسطى ، فقد اخترقه الاختلافات المنبعثة من النظرية الجسيمية التي قال بها ديموقريط او نظريات هيراقليط وافلطون ، هذا التجديد المدرسي قدم ، حول طبيعة النور جملة من المفاهيم المختلفة والمتناقضة في احيان كثيرة . لقد تراجع النور ، وهو نسمة مادية ولكن شبه حية ، ونارٌ مرئية متجددة بتأثيرات خرافية ، الى الوان ، دون بحث في اوالية هذا التصهق⁽¹⁾

'طبيعة الضوء والنظريات الجسيمية - كان المفهوم حول الطبيعة الجسيمية للضوء موجوداً منذ القديم كقدم نظرية الجوهر الفرد او العناصر ، في الهند ، وتساعد على ذلك النظريات المادية التي سبقت البراهمانية . لقد شكل اللون صفة اساسية في الذرات .

وكانت النظرية الذرية الاغريقية دائماً جوهرية . وبعد مضي مئة سنة من بداية الفيزياء الميليزية ، علم اناك ساكور Anaxagore ان كل صفة تشكل عناصر اصيلة ودقيقة وغير قابلة للتشكك ، وهي الهوميوميريات Homéoméries .

وانطلاقاً من هذه الذرية في الصفات اتجه تطور نظريات الضوء اتجاهين مختلفين تماماً : إما تلغي الاختلافات النوعية التي تظهر فيما بين الاجزاء التي لا تتجزأ (الهوميوميريات) Homéoméries . وتصبح خصائصها الوحيدة الاتساع والحركة . تلك هي ذرية ديموقريط Démocrite .

إما تجري محاولة إعادة تجميع هذه العناصر الأولية ضمن بناءات لا يمكن تفكيكها تشكل الأشياء الصغرى . وهذه هي ميزة فيزياء ابيقور Epicure⁽²⁾

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8 .

(2) راجع أيضاً المجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 2 ، والكتاب 2 ، الفصل 2 .

وظهرت نظرية النور عند ديموقريط بمظهر عارٍ تماماً . فهي تدخل جسيميات ملدودة غير قابلة للقسم ، وعارية من كل خصوصية حسية . من جهة أخرى يدخل بين العين والشيء مائع ، هو بالناسبة الهواء لأن ديموقريط Démocrite لم يبحث في أبعد من ذلك . والنور لا يتألف من جواهر خصوصي ، ولكنه ينتج عن عمل خصوصي . وهو يتوافق مع ندرة وتخفيف الهواء خفة تحدث وتنقل بأفعال ميكانيكية كلها جسيمية .

ويبدو محتوى هذه النظرية غامضاً نوعاً ما مما يفسح في المجال أمام العديد من البدائل التي تعزى الى التيارات الفلسفية التي كانت تعترى مؤلف النظرية . من ذلك ان أفلاطون يفترض ان الرؤية تنتج عن لقاء شعاع ينطلق من العين ويحمل جسيمات تصدر عن الاجسام . ووجود شعاع ينطلق من العين كان من الامور المقبولة من العصور القديمة وخاصة من فيثاغور . والنظريات القيثاغورية وخاصة نظرية اقليدس ادت الى استنتاجات شرعية تماماً في مجال علم البصر الهندسي . وفي نظر افلاطون يتكون هذا الشعاع او النار الابصارية من جزئيات تصغر او تكبر عن الجسيمات التي تصدر عن الاشياء المادية . والاحساسات الضوئية ، والسواد والبياض ويختلف الالوان تنتج عن الابعاد النسبية للجسيمات المنبثقة عن الاشياء ، وعن الجزئيات المكونة للنار البصرية .

ونتيجة نظرية ابيقور Epicure ، وقد بسطها فيما بعد لوكراس Lucrèce انهماكاً مختلفاً تماماً : فسطح الاشياء يبعث بصوره دائمة جسيمات رقيقة وسريعة تجتاز الهواء محافظة على شكلها الجسماني ، المأخوذ عن الاجسام التي افترضها . انها الامثال او الاشياء او الصور التي تحدث الابصار عندما تلتقي بالعين .

هذه النظرية الابيقورية في الضوء ليست علمية على الاطلاق . فهي بتزليلها للتجربة ، وبقصورها الابصار على الاشياء الصغيرة اكتفت بتزويد الاشياء بإمكانية الانتقال السري الخفي دون ان تحاول تحليل المعطيات المباشرة للتجربة .

وفي القرن الحادي عشر ، ويفضل ابن الهيثم Al hazen ، ثم في القرن الثاني عشر والثالث عشر نشأت بتواضع شديد ، نظريات ذات منحنى علمي نوعاً ما . هذه المحاولات الاستقلالية ظلت لا اتباع لها ، وقبل عصر النهضة ، استمرت اكثرية النظريات الجسمانية للضوء تتفاعل بحسب مبادئ ارسطو .

وحتى نهاية القرن السادس عشر ظلت نظرية الضوء محكومة بمحاولات مثيرة للاهتمام ، مثل محاولة ديورتا De Porta ، ولكنها ظلت عاجزة ، عن طرح المسائل بشكل صحيح ، هذه المسائل التي تطرح نفسها ، كما عجزت عن تقديم حل دقيق واضح . وحتى مجيء كيلر بانجازاته ، جرت عدة محاولات ، ووصفت ، ولكنها قسرت تفسيراً سيئاً لانها كانت غير قابلة تقريباً للتفسير .

اراء حول طبيعة الضوء في مطلع القرن السابع عشر - في اواخر القرن 16 طرح موضوع طبيعة الضوء بعبارات تتم ، في معظمها ، عن تصوراتنا الحالية ، وفي غالبية كتب تلك الحقبة ، كان

الفيزيائيون كانوا يسألون انفسهم هل الضوء جسم ام انه حركة جسم .

بالنسبة اليانا، تبقى هذه الكلمات غامضة وخفية للامال قليلاً . واذن فنحن ميالون الى تفسيرها بالمعنى الذي يلائم اهتماماتنا، وبمقدار من الحماس كلما بدت قريبة اكثر من فيزيائنا الحديثة . فاذا كان الضوء جسماً ، اليس هذا هو اساس النظريات الجسمية ؟ واذا كان الضوء حركة جسم اليس في هذا بداية نظريات الاثير ؟ .

الا ان هذا التنسب يبقى في معظمه غير صحيح . فعند استعمال كلمة « جسم » ونعت « جسيماً » يمكن ان نفهم ان الضوء هو من نفس طبيعة المادة، وانه يختلف عنها بالحجم او الابعاد . ولكن يمكن ان نعتبر ان الضوء هو جوهر ذو طبيعة خاصة بدون صفة مشتركة مع المادة، واذا لم تكن هذه الصفة بالذات حقيقةً جهرية . ان هذا الرأي يوقع في كثير من الحيرة . ولكن عدم المادية بدا لمدة طويلة تعريفاً سلبياً خالصاً ولكنه فعال بالنسبة الى الاثير . والقول بان الضوء هو حقيقة جهرية ، غير مادية ، يوصل مباشرة الى هذا النوع من النظريات .

ومن جهة اخرى، ما هو القصد من القول بان الضوء حركة جسم ؟ قبل اعمال هويجنس حول الحركات التوافقية ، كان يؤخذ بمفاهيم الضغط، والتمدد والتغيرات حول وضع وسط، تغيرات ما تزال تحتفظ بسمات منبثقة عن النظريات الجسمية . واخيراً كان يستعان غالباً بحركات اجمال السوائل ذات الطبيعة غير المحسوسة . هذه النظريات لم تكن تختلف كثيراً عن النظريات المسماة « جسمية » وتدخل بمحتلط النظريات الجسمية .

وهكذا ، لا يمكن للضوء ان يشكل حركة مستقلة عن الوسط الذي ينقله، وترتبط النظريات الحركية حتماً هذين العنصرين . وبحسب التركيز المعطى لاحد العنصرين على حساب الآخر، نحصل على نقل سهل لمعنى النظرية . وانه مع الفكرة الواضحة فكرة التموجات بدون نقل مادة ، وجدت نظريات الاثير استقلالية حقة، ثم انه، حتى عصر نيوتن، لم تكن النظريات حول الضوء لا حركية خالصة ولا جسمية ضيقة .

النظريات التي سبقت ديكارت - بقولهم ان الضوء هو جسم ، قصد الفيزيائيون السابقون على ديكارت في اغلب الاحيان انه عنصر، انه جوهر دائم . وهم بهذا يستعيدون افكاراً قريبة من المفاهيم الارسطية لكي يجعلوا من الضوء نارا تظل طبيعتها مبهمة ولكنها ليست جسمية .

فالضوء لمي نظر انطونيو دوميني Antonio de Dominis مثلاً (1611) يسدو عنصراً اساسياً، او شيئاً يضاف الى الاجسام ويحدث الوئنا . وعندما يكون الضوء نقياً ، فان له مظهر النار، ولكنه قد يفقد لمعانه لكي يصبح اللون الابيض . وهو يولد كل الالوان الاخرى باختلاطه بالادران المادية .

وكانت تصورات اسحاق فوس Isaac Voss (1648) قريبة رغم ان تداخل الأشعة وتسليطها .

يبدوان، في نظره حجتين كافيتين لصالح الطبيعة المادية للضوء. رغم ذلك فإن طبيعته هي النار ولكن بعكس ما يظن الاقدمون: أرسطو وكذلك المشاؤون. ليست هذه النار عنصراً. ان الضوء له حقيقة كالصوت والرائحة: انه حرارة سببها زعزعة الاجسام الصلبة. انه (يقول فوس Voss) الفعل الذي يذيب الاجسام. انه يجتاز الفراغ بشكل أي وغير منظور ويصبح مرئياً من جديد في الجوادم.

وليست نظرية فوس نظرية جسمية، في الضوء، بمعنى انها تميز الضوء عن المادة التي تشكل الاجسام التي نعرفها. ولكنها ليست ايضاً نظرية حركية: ان القول بان الضوء هو حرارة لا يعني تشبيهه بالمكان، والقول بانه ناتج عن تزعزع الاجسام الصلبة لا يجعل منه مكاناً للاهتزازات.

في ذات الحقيقة توضح المفاهيم الحركية للضوء. فالضوء ينتج عن حركة بعض الاماكن الجوهرية التي ليست بالضرورة مادية. ان التقدم يقوم، الى حد بعيد على توضيح طبيعة هذه الحركة التي تبقى مختلفة تماماً عن التغير الشامل الذي يعترى مطلق جسيم. وهكذا تجعل نظرية ماركوس ماركسي Marcus Marci (توماتانتاس Thaumantias لير. . براغ 1648) الضوء نتيجة تبلورات وتذبذبات وسط غير مادي، ليست طبيعته واضحة بشكل آخر.

ولكن غالبية النظريات الحركية تفترض، على الاقل ضمناً، الطبيعة المادية للوسط، باعتبار ان هذا الوسط لا يختلف عن المادة العادية الا بدرجة رفاقة. ويبدو ان تقدماً حاسماً قد حصل في هذا النوع من النظرية، فعلاً، عند تشبيه الضوء بالصوت، الذي يعزى كما هو معلوم الى ارتجاجات الهواء، ويبدو ان ليونار دافنشي قد استشبه بهذه القرابة التي قرأها غاليليه فعلاً.

فبالنسبة الى غاليليه، تعتبر للمفاعيل الفيزيائية وبصورة اخص، كل المفاعيل البصرية ذات اسباب حركية حتماً. فالضوء، مثل الصوت، انما مع سرعة انتشار اعظم واعلى، يفترض حركة الوسط او المحيط. ما هو قوام هذه الحركة؟ هل هي من فعل اصطدامات الجزيئات الجامدة التي تشكل الوسط؟ ام هي حصيلة ظاهرات تارجحية؟ لقد بقي غاليليه غير حاسم بهذا الشأن. كما ان علمه البصري ظل مجزأ نوعاً ما.

علم البصريات عند ديكرات - من المبادئ الاساسية في فلسفة ديكرات افترضه ان المادة في جزهرها امتداد. وبالمقابل ان مطلق امتداد لا يمكن ان يكون الا مادة. فالكون باكملة هو متغير الى انصي حد ولكن طبيعته تبقى، في اساسها، هي هي. ويتحقق تداخل هذه المواد المختلفة المرفهة بعضها ببعض بأساليب اعصابية فتحدث كل الظواهر الفيزيائية.

بين الشمس والعين تمتد مادة لطيفة مؤلفة من كريات صغيرة ذات حجم لا يتغير، تتلامس مثل الحبات المتراكم. وتحاول جسيمات اكثر دقة ودائمة لانقسام بفعل الالتقاء بالاجسام الاخرى، ان تهرب من الشمس ومن كل الاجسام المضيفة..

واذا لا تلتقي أي فراغ، فإنها لا تستطيع الا ضغط الجهاز الوسيط. ان قوة « شبه مضطربة » سوف تلقي بثقلها في هذا الوسط. وتتضاعف وتتراخى بشكل هزات صغيرة متنوعة. وبالاتقاء مع الاجسام الصلبة انما المسامية، تنكسر جسيمات الاوساط اللطيفة وتُنقل اذا كانت المسام عريضة نوعاً ما وكثيرة العدد. او تعكس اذا كانت الفتحات (المسام) نادرة وصغيرة.

وبالتالي لا يعتبر الضوء حركة حقة بل اتجهاً متحركاً او تياراً او ضغطاً . . والنور كحادث من فعل التغيرات الايقاعية في الضغط الحاصل داخل سائل لا يقبل الانضغاط، ينتشر آنياً . يقول ديكارت :

« انه ليس شيئاً اخر غير نوع من الحركة او من الفعل السريع والحاد ينتقل نحو اعيننا بواسطة الهواء او اجسام اخرى شفافة، كما تنتقل الحركة او المقاومة، (مقاومة الاجسام التي يصطدم بها هذا الاعى) الى يده عبر عصاه ».

ان نظرية ديكارت، المملوءة بالاماكن المادية والجسيمية، تعتبر، في اغلب الاحيان، غير متلائمة مع التصورات الاساسية التي يجب ان تلهم نظرية الاثير. وهذا الحكم قاطع ان اُمنّا بان صفات الاستمرارية والانقطاع هي بالضرورة مرتبطة بالمفاهيم الحركية او الجسيمية للضوء . الواقع، ان الفرق الكبير الحاصل بين الاراء الممكنة في البصريات يأتي من الطريقة التي بها يتم تصور انتشار الظواهر الضوئية، اي الدور المعطى للوسط. وبهذا المعنى، تتصل نظرية ديكارت، بالتأكيد، بنظريات الاثير، اثير مادي اكيد الا ان دوره هو دور الوسط او المكان. واذا لم تكن هناك حركة محددة تماماً حول موقع وسط، فانه يوجد منها جوهرها: وهو هذا الضغط « شبه المرتجف » الذي ينقله في الحال وسيط جامد .

لم يكن علم البصريات عند ديكارت Descartes منفصلاً عن التجربة، ولكن التجربة تدخل عندئذ كاثبات ضروري لحقيقة مسبقة. وكان ديكارت مثل غامندي Gassendi يرى في ظاهرات الانعكاس والانكسار حالة خاصة من صدام الاجسام. فقد بين قوانين الانعكاس بواسطة مثل عودة الطابة المطاطية الى القفز. وادت به دراسة ماثلة حول الانكسار الى قانون سنينوس.

راينا ان فرمات رفض فرضية ديكارت وبعوجبها: ان الاجسام الاكثر ثقلًا نوعياً تقاوم حركة الضوء اقل من مقاومة الهواء او الاجسام الخفيفة .

وهناك اعتراض آخر، انما مبدئي هذه المرة، على الصفة التصويرية للفيزياء الديكارتية، ف تفسير الانعكاس، بحكم بئانه على المقارنة، يبدو تحكيمياً كلفياً .

وحذر فرمات من الفرضيات الميكانيكية مستغرب نوعاً ما، في حقبة سابقة تماماً على حقبة نيوتن. ومن الغريب حقاً ان توجه الى نيوتن، بعد نصف قرن من الزمن، انتقادات معاكسة تماماً: فقد وصفت فيزياءه بانها وصفية او انها مدرسية لانها خلّت من الاعاصر.

والواقع ان تهاوي فيزياء ديكارت سببه اسرافه في اليقنيات التكوينية. والتطمين الادعائي في فيزيائه مرتبط باستعمال اسلوب استنتاجي قادر بمفرده، على تفسير الكون تفسيراً كاملاً، وبعد وفاة ديكارت بخمس وعشرين سنة، ادى قياس سرعة الضوء، من قبل رومر (1675)، الى عدم نتيجة اساسية في الطريقة وهي الانتقال باللحظة والآن للظواهر الضوئية. وفي نفس الحقبة تقريباً، ادى اكتشاف التشتت الى زعزعة اساس علمه البصري بالذات.

النظرية الارتجاجية عند مالبرنش Malebranche : اللون و الفجاعة « - شاهدت نهاية القرن 17 ولادة اكتشافات مهمة في علم البصريات سوف يكون لها انعكاس مباشر على نظريات الضوء.

في سنة 1665 اثبت غريمالدي Grimaldi ظاهرات انحراف الضوء. وبذات الحقبة، درس هوك Hooke في انكلترا تذبذبات الرقائق الرقيقة. واكتشف الانكسار المزدوج بعد ذلك باربع سنين من قبل ايراسم بارتولولين Erasme Bartholin، ثم درسه هويجن. واخيراً، في سنة 1675، بين رومر Romer، وهو يرصد توابيع المشتري. ان انتشار الظاهرات الضوئية يتم في زمن متناهٍ وحده سرعتها.

هذه الحقبة التي تميزت بالنجاحات التجريبية الكبرى، كانت حقبة شباب نيوتن. وفي فرنسا استمرت الديكارتية تحتفظ بكل قوتها. وحاول مالبرنش ان يقارنها بالنظريات الارتجاجية التي اخذت تسببط وتشتهر بعد اعمال غريمالدي، وهوك وهويجن. كان مالبرنش Malebranche (1638 - 1715) تلميذاً عند ديكارت Descartes. ولكنه كان يختلف عنه كثيراً في بعض نواحي فلسفته. وقد امكن القول انه احل فكرة العقلانية الاساسية محل الموضوع اللا أدري الذي هو اساس الديكارتية. من المؤكد ان العقلانية لا تعبر، في نظره، عن حقيقة الاشياء بل عن كيفية تكويننا كتب يقول: « لا شيء كالايمان يقتنعنا بوجود الاجسام ».

وفي البصريات اخذ مالبرنش يعتمد النظرية الديكارتية حول الاماكن اللطيفة مع ابضاها قليلاً. وقد قال بان الضوء يقوم على ضغط انتشاره آني. ولكن هذا الضغط ليس ثابتاً. بل هو عرضة للتغييرات الدورية. واذن فروقات الضغط، المشبهة للارتجاجات هي التي جعلت نظرية ديكارت قريبة من نظرية الارتجاجات في الاوساط المادية.

وهناك تقدم آخر فحواه سحب الصفة المادية الخالصة التي احتفظت بها الاماكن اللطيفة الديكارتية. ولكي يفسر مالبرنش تماسك الاجسام، افترض انها خاضعة من الخارج لضغط مادة غير منظورة ومتحركة. وبدون هذا الاثير، يصبح كل جسم مائتاً. والعنصر الثاني عند ديكارت هو ان هذا الاثير الذي يتألف من كرات صغيرة صلبة ومتمايكة، يتألف في الحقيقة من كرات طرية يمكن ان تشكل بذاتها اعصارات صغيرة. وهكذا اقرب من اثير هويجن الصلب والمرن.

ولكن مهما كانت التحسينات الطارئة على بنية الفضاء وعلى حركته، تبقى نظرية مالبرنش

إمينة ولمدة طويلة، للمبادئ الجوهرية في النظرية الديكارتية. ان الضوء هو احساس محفوز بارتجاجات ضاغطة سريعة جداً. وقد تفاقمت الصفة « الارتجاجية » في الضغط الديكاري الى درجة انها أصبحت ارتجاجاً حقاً. في الظلام يضغط الاثير اللطيف على الشبكية انما بانسجام - بحيث ان هذا الضغط الثابت لا يحس كانه ضوء.

وحوالي اواخر حياته، تغيرت نظريات مالبرانش بشكل محسوس. وفي 1712 اطلع على « اوبتيك » نيوتن، وكان يجهله حتى ذلك الحين. في هذه الاثناء كانت نظريته حول الالوان قد تكونت. وقد نجح في ربط كل لون نقي، بارتجاج سريع (اي بالوتيرة) معين. ولكن النظرية النيوتنية حول التشتت اجبرته على الاستنتاج بان اللون الابيض يتكون من تراكم سلسلة من الارتجاجات، ذات الوتائر المتنوعة، ان جوهر مبادئ الديكارتية لم يتزعزع بشكل ظاهر، وقد حاول ايضاً ان يفسر قزائين الانعكاس والانكسار بينية انعكاسية للاثير.

واذاً فقد نجح مالبرانش في الاحتفاظ بالقسم الاقوى من كل نظرية، وفي التوفيق بين المبادئ الديكارتية ونتائج التشتت. وانضم في النهاية الى فرضية الانتشار النهائي للضوء. وسوف نعود الى نظريته حول الالوان، وهي القسم الرئيسي من عمله.

ظاهرات الانكسار ونظريات الاثير المرجف - حاول الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهما معاصران للمبرنش ان يمددا في حياة علم البصريات الذي وضعه غريمالدي فيجعلما منه نظرية حقّة في الاثير.

وكانت تصورات غريمالدي تركز على وجود ظاهرات الانكسار التي تحقق منها هو بنفسه وادت به تجاربه الى التفكير بان مفهوم الشعاع الضوئي اساس كل البصريات الجيومترية لم يكن يكفي دائماً. فكتب يقول: « يوجد نوع رابع من امتداد الضوء: هو الامتداد عن طريق الانكسار، وهو نوع مختلف عن الانواع الثلاثة المعروفة حتى ذلك الحين ». (الانتشار المباشر؛ الانعكاس؛ الانكسار). ويمكن للأجسام الكثيفة ان ترد الضوء جاتياً واذاً فان هذا الضوء ينتشر في زمن متناهٍ انما بشكل غير مرئي ولهذا يصعب تحريفه او تحويله عن خطه.

والضوء جسم مختلف عن المادة لا في لطافته فقط بل في تولده. انه يشبه الصوت، وهو يحدث بفعل اضطراب جوهر ما بشكل وتيري ايقاعي. واذاً فان بصريات غريمالدي تنحو نحو نظرية الاثير. كتب يقول: « الضوء هو مائع يتحرك بسرعة كلية وبشكل ارتجاجي احياناً عبر الاجسام الشفافة ».

وبعد غريمالدي أصبحت نظريات الاثير اكثر مادية واكثر وضوحاً، بحيث اقتربت من نظريات ديكارت بهذا المعنى. وإصالتها تقوم على تفسير الحركة التي تحمي الوسط للمادي. هذه الحركة التي بقيت عند ديكارت بشكل تيار أصبحت مع مالبرنش وغريمالدي ارتجاجاً حقاً ولكن اسلوب انتشارها بقي مبهماً نوعاً ما.

واعترف هوك Hooke مثل ديكارت بحقيقتين اوليتين: المادة والحركة. وهاتان الحقيقتان لا

تقتربان على اساس جوهر وصفة : فهي في الاساس من نفس الطبيعة ويمكن ان تحمل احدهما مكان الاخرى. وهذا التصور المدهش في اصلاته في تلك الحقبة لا يمكن ان يكون الا بالون اختبار. رغم انه مال بفيزياء هوك نحو نتيجتين اساسيتين :

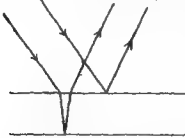
اولاً ان الاثير الضوئي غير المادي الذي قال به غريمالدي قد حل محله مائع مادي. وفي المقام الثاني ارتكز التمييز بين المادة والضوء على الفارق بين الارتجاجات أو التموجات التي تتميز بها جسيماتها.

وهذه الفكرة مليئة بالوعود تجاه نظريتنا الحديثة التي يراودها ان تقول اشياء كثيرة. وقد كان ينقص هوك تعريف سليم للطاقة الحركية (كما حققها فعلاً هويجن) واكثر من ذلك كانت تنقصه فكرة وجود « كم » من العمل Quantum ، وطول موجة لتفسير الرابط بين الارتجاج والجزئيات المادية. ولم يدخل هوك اية فكرة تصورية للجسيمات. وفي نظره تعتبر المادة والضوء مجرد مظهرين قد يتردسا الحركة الارتجاجية .

ان الصفة التموجية لانتشار الضوء تسبب بها زعزعة المكان. هذه الزعزعة تنتشر بواسطة نبضات موحدة ، عامودية على اتجاه الانتشار . وهذه الفرضية سوف تصبح على يد فرنل Fresnel اساس النظريات التاراجحية أو التموجية في الضوء .

ويفسر الانعكاس والانكسار والتلون بعدم تساوي توجه الارتجاجات في الاجسام الشفافة. وهنا تبدو نظرية هوك اذن مستوى من تفسيرات هويجن. فضلاً عن ذلك يقول هوك بالانتشار الانى للظواهر الضوئية ، وظل لمدة طويلة يعارض نيوتن بنظرية للألوان خاطئة الاساس .

وترتكز نظريته حول الانكسار المزدوج على فرضية عدم التناظر في الحركة الارتجاجية للضوء . ان الشعاع الضوئي في نظره له وجهان منها ان الارتجاجات تتم بحسب اتجاهين متناقضين. يقابل هذه الثنائية بالارتجاجات، تلك الشعاع بواسطة التبلر وايضاً بوجود لونين اساسيين في تفكك النور الابيض. ويفسر تلون الرقائق بتحليل عقلي هو مزيج غريب من تصورات شبه حليمة ومن افكار عتيقة بالية (صورة رقم 24) .



صورة رقم 24 - الانكسار والانكسار على رقاقة .

ان اجتياز الرقاقة يعوق الشعاع المنعكس على الوجه الخلفي ويضعفه بذات الوقت. اما الشعاع الذي يعكسه الوجه الامامي فيبقى اكثر زخماً ، وبعد الاندماج الجديد بين هذين الشعاعين ، يسير القسم القوي اي الاكثر زخماً في الطليعة. واذا كانت العين لا تلاحظ هذا الفارق الزمني ، عندئذ يشعر الناظر بوجود شعاع واحد قسمه القوي هو الاول، مما يعطي اللون الاحمر، بحكم التعريف. واذا كان الفرق محسوساً، لا يلتبس الشعاع الضعيف مع الشعاع الزخيم الذي يسبقه بل مع الشعاع الذي يليه، والمعكوس لاحقاً من قبل الوجه الاول. وعندئذ يشعر الناظر بوجود شعاع واحد يكون الجزء الضعيف

فيه هو الاول وهذا يعطى تعريف او تسمية اللون الازرق. هذه النظرية الفيزيولوجية في التلوين فيها خطأ خطير انها ليست كمية . اذ هنا ايضاً سوف تشكل نظرية نيوتن تقدماً كبيراً . وإلى جانب النواقص الأكيدة ، تقدم نظرية هوك بعض المستجدات التي تجعل من مؤلفها سابقاً بحق . وليست نظريته حول الانعكاسات الاعراضية أقل فضائله ، رغم أنه لم يشبه بوجودها ؛ ويمكن الظن ايضاً أن اثر هوك ، الأقل وضوحاً من اثر هويجن ، والمعروف بأنه دعامة الانعكاسات ، هذا الاثر يقترب أكثر ربما من المفاهيم الحديثة التي سبقت بصورة مباشرة « النسبية المحصورة » .

ونظرية هويجن لها علاقات عديدة مع نظرية الاب بارديز P.Pardies ومع نظرية هوك ، وهذا ما نفسره ، ايضاً ، الاتصالات الكثيرة بين هذين الفيزيائيين ..

كتب هويجن في مطلع كتابه « الضوء » (1690) : « يقوم الضوء على حركة المادة الموجودة بيننا وبين الجسم المضيء » . وأوضح فيما بعد ان الضوء يشبه الصوت وينتشر في اثر هو بالضرورة مادي لانه يحرك جواهر اخرى مادية . ولكن هذا الاثر لا يقذف كما تقلب الطابة . انه مركز حركات ارتجافية حقة .

واهتم هويجن بعدها بتحديد بنية الاثر ، على مهل وبخفة ، فافترضه مركباً من جزئيات صغيرة صلبة وذات تمجاذب سريع جداً ، هذه المرونة بالذات سببها وجود وسط ثانٍ محتمل أكثر لطافة ، جزئياته المتحركة بسرعة قوية تتجاز المكان او الوسط الاول فتعطيه هذه الصفة . في هذا الحرج في التفسير الوضحي ، يلحظ تأثير ديكارت . انما نلاحظ غياب المسام والقنوات : ان هذه المادة الاثرية تملأ فراغات المادة العادية التي مظهرها وحده هو المتتالي والمستمر .

تطبق على كل جزئية من الاثر قوانين القرع او الصدم . فكل نقاط اي موجة قد تكون مقاماً لزعة جديدة . وغطاؤها يشكل سطحاً لموجة من شأنها ان تنتشر حتى اللانهاية .

وبالاستعانة بفرضية التموجات ، بين هويجن قوانين الانعكاس ، والانكسار والانكسار المزدوج . وانتشر الضوء عموماً ، بموجات كروية ، اما بسرعات متنوعة في وسطين مختلفين . وهذه الواقعة تكفي لتحديد شعاع الانتشار وقانون السينوسات بواسطة بناء معروف تماماً . ويتبع الانكسار غير العادي الذي يحدث في بعض البلورات عن انتشار بشكل موجات بيضاوية .

وحققت النظرية التموجية ، نظرية هويجن ، الأكثر تفصيلاً والأكثر كمية من نظرية هوك ، اكرر حققت ، من عدة اوجه ، تحسناً واضحاً ، فقد عرف هويجن كيف يتفادى بعض الاغلاط ، مثل الانتشار الآلي : وبدت تجربة رومر تأكيداً عملياً على الخاصية التموجية :

« إذا اقتضى الضوء وقتاً لمروءه ، فينتج عن ذلك أن تكون هذه الحركة المفروضة على المادة متتالية وبالنتيجة فإنها تمتد مثل حركة الصوت ، بشكل سطوح ويشكل موجات كروية » .

الا ان فكرة التذبذبات العمودية على اتجاه الانتشار ظلت غريبة على هويجن الذي رأى ان

جزئيات الاثير تتأرجح باتجاه الشعاع . وإذا كان هو الاول السابق بالإشارة الى ظاهرة التعميم بواسطة بلورتين متتاليتين من البللر Spath فانه لم يشرح هذه الظاهرة .

ان مثل هذه التفصيلات هي التي ارادت نظرية الاب آنجو P.Ango توضيحها، مستوحية مفاهيم الاب بارديز P.Pardies . ان منشأ الضوء يقوم على حركة ارتجاجية ذاتية تخص طبيعة الامل او المنبع . والتكثيفات والتمددات، في المنبع، تستقل فيها بعد بواسطة الجوهر الاثيري، بشكل تموجات تغلبها دقات المنبع .

انها اضطرابات متتالية تشبه التجمعات؛ وهي تتم بدون نقل مواد . هذا الموجز يدل كم هي هذه الافكار قريبة من افكار هويجن . والاثير، الذي لم يوضح الاب بارديز P.Pardies طبيعته ، يعتبر حتماً كوسط مادي لانه قادر على نقل ارتجاجاته الى الهواء . ورغم الفرضيات الاكثر توضيحاً وتفصيلاً حول طبيعة الاثير، لم يقبل هويجن يمثل هذا الوضوح هذا التبادل للحركات بين وسط لطيف ووسط مادي .

ان اعمال الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهويجن Huygens وحتى اعمال مالبرانش Malebranche، هي تقريباً متزامنة لتجارب نيوتن ولاهم نشراته . وتصادمهم الذي كثيراً ما كان عاصفاً مع النظرية النيوتنية، سوف يميز حقبة حاسمة في توجيه علم البصريات .

البصريات النيوتنية وتشتت الضوء - لا ينفصل علم البصريات عند نيوتن عن تجاربه حول التشتت . « ان قصدي من هذا الكتاب (صرح بذلك في مطلع « كتاب الاوبتيك ») ليس تفسير خصائص الضوء بالنظريات بل عرضها فجأة لكي اثبتها فيما بعد بالتحليل العقلي وبالتجارب » (كتاب اوبتيكا ترجمة كوست Coste ، ط2، فرنسية، 1722، ص1) .

لا شك ان الموقف الذي اعتمدته نيوتن لا يتج في قسم منه عن تيارات في عصره . كان نيوتن يجتهد دائماً، ميدانياً على الاقل، ان يضع بصرياته. بمنأى عن التصور الكيفي او غير الكامل . ولكنه، وباعتباره دائماً تقريبياً ، كان يعود الى مناقشة فرضيات من هذا النوع .

لقد كانت ظاهرة التشتت معروفة قبل نيوتن ، ولكنها كانت تفسر كتغير عرضي حاصل بفعل ضمة مضئية . كان الظن سائداً ، ان الزجاج ، ببريقه ، يمكن ان يشيع تلويناً في الشعاع . وقد كان لنيوتن الفضل في طرح المسألة بشكل محدد تماماً : في كل درجة من درجات الانكسارية هناك شعاع ملاتم ذو لون مختلف . وبالمقابل، ان الشعاع من لون « صاف » - يحفظ بلونه بعد اجتيازه المنشور . تلك هي الوقائع . وكل شيء يحصل كما لو لم تكن الالوان مكتسبة عبر العملية بل موجودة في ضمة الضوء الابيض . وتكون مهمة المنشور ابرازها .

ما هو الضوء اذن ؟ في مداخلة بتاريخ 8 شباط 1672 امام « الجمعية الملكية » اعتبره نيوتن كحقيقة جوهرية وأعطاه بنية جسيمية . وهذه المزايع ترتكز على اسباب مأخوذة من نظريته حول الالوان، ولكن قوتها الاتقاعية ذات منشأ مدعش نوعاً ما .

يفترض نيوتن : لما كانت الالوان صفات ضوئية فمن الواجب ان يكون الضوء جوهراً لا عرضاً (صفة) . اذ لا يمكن تصور صفة لصفة (عرض لعرض) ، ان اللون يقترب بالجواهر الضوء مثل ما تربط الصفات الميكانيكية بالمادة . ومن جهة أخرى ان الصفة (العرض) هي دائماً بسيطة ، فلا يمكن ان تنبثق عنها صفة اخرى بالتركيب .

وبعد تجميع الصفات المختلفة للتواجلة بدلون ان يحطم بعضها بعضاً ، فان الضوء يبدو لنا كحقيقة جوهريّة . فالى اي حد يختلف الضوء عن المادة ؟ هنا يبدو نيوتن اقل وضوحاً .

يقول : « نحن متأكدون ان الضوء هو جوهري ولكن » من الصعب تحديد ماهية هذا الجوهري ، يقيّن « ثم يضيف : « لا اريد أن اخلط ما هو اكيد بما هو غير اكيد . »

وجلبت له (لنيوتن) مداخلته في سنة 1672 سلسلة من الانتقادات اشهرها انتقادات هوك وهويجن ، التي سوف نعود اليها . وتأذى نيوتن فامتنع وتحفظ تحفظاً شديداً حول طبيعة الضوء .

كتب يقول : « ان المحث الى ان الضوء هو جسم ، فاني لا اؤكده متيقناً . » ثم تابع : « اعرف اتماماً ان خصائص الضوء يمكن ان تفهم لا عن طريق الفرضية التي تمزى الي ، فقط ، بل عن طرق شتى اخرى كثيرة . ولهذا فقد قررت تفاديها كلها . »

التداخل ونظرية الوصول - من جهة اخرى ، كانت ظاهرات تلوين الرقائق معروفة يومئذ . وقد درس نيوتن صفات الحلقات الشهيرة التي تحمل اسمه بعد ان اجري اولاً تجارب بواسطة موشورين لا غير موصولين تماماً ، وضع فيها بعد عذسة « مسطحة محدودية » على صفيحة زجاج . وهكذا حصر شريحة هواء سماكتها ، المتنوعة ، تزايد حول الاطراف : وكل حلقة تداخلية تحدث بواسطة الاشعة التي تمتاز نفس السماكة من الهواء .

كيف يمكن للنظرية الجسيمية عند نيوتن ان تنجح في تفسير ظاهرة تبدلونا الآن ، مرتبطة بصورة اساسية بالخصائص التجمعية للضوء ؟ بادخال الدورية ، دورية من نمط آخر عند اجتياز الجسيم . ان هذا الجسيم ، طيلة مساره ، يمتلك على التوالي « مراض » سهلة النقل « ومراض » سهلة الانعكاس . وهذه القدرات تحدث بصورة دورية ، وطول « القدرة » دائماً ثابت بالنسبة الى لون محدد .

« والسبب الذي يجعل سطوح الاجسام الشفافة السميكة ، تعكس قسماً من الضوء الذي يسقط على هذه الاجسام ويرتكب غيرها هو ان بعض الاشعة تتواجد في « مراض » سهلة الانعكاس في حين ان الاخرى ذات مراض سهلة النقل . »

ويتدخل تفسير مماثل من اجل تلوين الشفرات الرقيقة . نفترض ان المسافة بين الشفرتين هي بحيث ان المريض نفسه يحدث عند خروجه من الشفرة الاولى ومن الشفرة الثانية . كل شعاع تنقله الشفرة الاولى (اي ضمن مريض سهل النقل) سوف يكون كذلك ايضاً بفعل الثانية . ان اياً من هذه الاشعة لا يصل الى العين التي ترى فوق هذه الشفرة ، منطقة مظلمة . وبالعكس اذا كانت المسافة بين

الشفرتين بحيث يتغير المربض، فإن كل شعاع منقول من قبل الشفرة الأولى سوف ينعكس بالثانية ويصل الى العين. فترى هذه بقعة لامعة ترتسم. وتتعاقب اذن مناطق مضيئة ومناطق مظلمة بصورة دورية. وهكذا تدخل نظرية المرباض تناوباً في الحالات لا في الحركات.

وتبت احداث الحلقات، بفعل شفرة الهواء ذات السماكة المتغيرة المحصورة بين شفرتين كاسترتين، بغضل استعمال الزاوية الهوائية المتكونة بين قسم من الكرة والسطح الذي هو ركيزتها معدات تسمى «حلقات نيوتن». وبين نيوتن ان أشعة الحلقات المتتالية، تتزايد مثل الجذر التربيعي لرقم ترتيبها. فالحلقة n يكون شعاعها $(r_n = K \sqrt{n})$. وان وضع موشور بين هذه المعدات والنظر، يلاحظ التشكك الى نظام من الحلقات الوحيدة التلون Monochromatique، انظمة مفصول بعضها عن بعض.

يقول: «وبين كل المقترحات المعروضة اعلاه لا يوجد اي مقترح تحوطه ظروف كثيرة الغرابة» (كتاب اوبتيكا، ترجمة كوست Coste ط2 فرنسية ص 273).

ما هي اسباب هذه الدورية؟ - لان نيوتن لا يستطيع ان يخفي تحت اسم «مربض» ارادة داخلية او قدرة سرية للتوصل إلى أشياء أخرى أيضاً. ان المرباض قد تتكون بعلم تناظر في الشكل او في صفات الجسيمات المضيئة. وهذا قد يكون نوعاً من المنغطة او حتى تناظراً بالنسبة الى المحور. وترى ان حركة جسيم اسطواني (ellipsoidal) (مثلاً بشكل سيكار) مزود بأن واحد بحركات دوران ونقل يمكن ان يحدث تناوبات على طول المسار (صورة 25):



(صورة 25) - تفسير ممكن لنظرية المرباض لنيوتن.

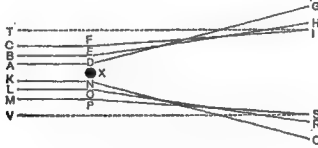
يمكن الظن أيضاً ان الجسيمات المضيئة تحدث تفاعلات متبادلة فيما بينها. هذه القوى التي قد تكون تمازجاً تحدث ارجحافات او ذبذبات من شأنها ان تستيق الجسيمات او تزيد او تنقص من سرعتها. وبافتراض هذا التأويل الثاني، ندخل اثراً يلعب دوراً حثاً ثانوياً بالنسبة الى دور الجسيمات المضيئة، ولكنه دور محتم في كل حال.

ومهما كانت نظرية المرباض ذكية بارعة فانها لا تنتج في قهر البرهان التجريبي. وهي اذا طبقت على تلوين الشفرات الرقيقة فانها لا تدخل في الشفرة الثانية الا سلوك الأشعة التي نجحت في اجتياز الشفرة الأولى. ولكنه من الممكن فعلاً إلغاء الانعكاسات على الشفرة الأولى باستعمال الضوء المستقطب. وسنداً لنظرية المرباض، لا شيء يجب ان يتغير. والواقع ان الحلقات تزول. وإذا يجب تفسير تكوين الحلقات بضم الأشعة المعكوسة من قبل هذه الشفرة او تلك. وهذا ما تفسره نظرية التداخل Interférences.

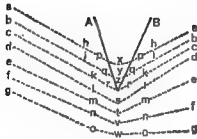
الانكسار أو الالتواء - كرر نيوتون تجربات غريمالدي Grimaldi حول ظاهرات الانكسار أو الانحراف واضعاً بين مصدر الضوء والشاشة حواجز مفككة . فلاحظ أيضاً ظاهرات محدثة بفعل وجود شق رفيع ذي عرض يمكن التحكم به .

ومع ذلك ورغم هذه النتائج الاكيدة لم يعترف نيوتن بظاهرات الانكسار . هذا النموذج الرابع من الانتشار المتميز عن الانعكاس وعن الانحراف وكذلك عن الانتشار المستقيم . وفي نظر نيوتن يتعلق الامر بالتواء الضوء ، الذي يتميز بفعل انعكاس انكسار او ارتداد او بفعل انجذاب .

وان نحن وضعنا خيطاً رفيعاً في مسار ضمة ضوئية فان الاشعة تنعكس على الجوار جوار الحاجز، معطية توزيعاً للضوء في منطقة الظل المنتمي (صورة 26) . ويجوار حد الموشور : تحرف الاشعة أيضاً نحو قاعدة الموشور (صورة 27) . واخيراً عند اجتياز الشق الضيق يعمل الجذب غير المتساوي الذي يصيب الاشعة من قبل طرفي الشق على ليها نحو منطقة الظل الجيومتري (صورة 28) .



انحراف بواسطة خيط (صورة 26)



انحراف بواسطة موشور (صورة 27)



انحراف بواسطة شق (صورة 28)

الانكسار المزدوج - كان نيوتن على علم جيد بتجارب بارثولين Bartholine وهو يمين Huygens حول انحراف الضوء بواسطة بلورة اسلندا Islande . واذا كان الانعكاس والانحراف

باتيان عن ترتيبات معينة في نقطة الانعكاس، فان الانحراف المزدوج يدل على تزايد في هذه التركيبات الممكنة. ويمكن تخيل ان الجسيمات الضوئية تشبه مغناطيسات صغيرة في مواجهة لا تناظرية البلور.

النظرية الجسيمية ووجود الأثير - تبدو مبادئ نيوتن الأولى وكأنها حتماً جسيمية. وحتى سنة 1671 لم تظهر كلمة أثير في كتاباته. ولكن الجدل الذي قام به مع هوك وجه فكره نحو فرضية الأثير وحوله بذات الوقت عن اعتمادها بدون تحفظات.

وتحت تأثير أفكار نيوتن اضطر هوك إلى تغيير نظريته حول الذبذبات الأثيرية. ويقبوله بالعلاقة بين اللون والانكسار، ورفض تكوين الضوء بواسطة اندماج لونين اساسيين، لم يعد يستطيع اعطاء الشعاع الضوئي جانبيين او جهتين. وإذا لا يذ من افتراض تغير في بنية الشعاع الداخلية، من اجل تفسير تعددية الألوان وهكذا اضطر هوك 'Hooke الى ربط تلون الشعاع بخصامة ذبذبات الأثير.

وفي نفس هذه السنة 1675 - نشر نيوتن نظريته حول الضوء بالألوان. وفرح بتنازلات هوك Hooke أمام الفكاره هو. ثم طور نظرية الموجات الأثيرية التي تنم عن تنازلات من جهته.

من حيث المبدأ لم تكن هذه النظرية موجهة الا للعب دور الصور داخل نص غامض. ورغم ذلك فقد ظلت ذات دلالة: إن الضوء هو دائماً انبثاق صادر عن أجسام ملتهبة. ولكن هذه الجسيمات لها القدرة على رجرجة الأثير وإحداث ذبذبات دورية تنتشر في هذا الوسط.

ان انقلاب نيوتن الجزئي ورجوعه الى نظريات الأثير تعزى الى ثلاثة اسباب رئيسية:

في المقام الأول بدت نظرية المداخل تتطلب الانتقال من فصل ينعكس على حركة الجزئيات الضوئية، ويمكن ان تغيرها. وهذا الانتقال يحتاج إلى وجود أثير.

ومن جهة اخرى تبدو ظاهرات الانكسار ذات اثر على الشاشة، من بعيد. ويذكر هذا الفعل القادر على التأثير في مسار الاشعة الضوئية، بأعمال صورية ولا يمكن ان ينتشر بدون وجود وسط.

واخيراً كان نيوتن مقتنعاً بأهمية فكرة الأثير في الميكانيك السماوي. ولهذا لم تكن امكانية العثور على ارض مشتركة بين البصريات والجذب الكوني غريبة على تطوره.

يتساءل نيوتن في كتابه «مسائل ابصارية» إذا لم يكن هناك تماثلة بين المادة والأثير، كما يتساءل هل من الممكن تصور امكانية تحولات متناظرة. ومهما يكن من امر لا يمكن للأثير ان تكون له خصائص الوسط الذي يقول به ديكارت. فاللأمع الجسدي حتى ولو كان لطيفاً، يترك مجالاً لوجود مقارسات عنيفة. ويبحث نيوتن حول المقاومة في المعادن حمله على الظن بأن الفضاء السماوي يجب ان يكون فارغاً من كل مائع جسدي.

وعلى كل حال يتميز هذا الأثير غير الجسدي بخصائص مربوطة بشكل ضيق بالمادة المقرون بها.

وهذه الخصائص تختلف بحسب ما اذا كان هذا الاثير حرّاً او داخلًا في اجسام، وربما ايضا بحسب الاجسام التي تحويه. ولهذا فان القدرة الانكسارية تختلف باختلاف الزخم وباختلاف طبيعة الاجسام.

وعلى الرغم من ان الفضاءات السماوية فارغة من اي سائل جسدي فقد اضاف نيوتن بأن هناك استثناء يجب أن يلعب دوراً لصالح الابخرة الخفيفة جداً ولصالح الاشعة الضوئية. ورغم أن هذه الجملة تبدو استهلاكية فهي تدل بما فيه الكفاية على مدى تطور افكار نيوتن بعد 1671.

إلا أن هذا التغير لم يجعله ابدأ على تجاوز نظرية مختلطة تجمع الى الجسيمات اثراً متذبذباً تعمل فيه هذه الجسيمات. وكيس سبب ذلك أن فكرة الاثير ظلت عنده تصوراً سطحياً كما الملح الى ذلك البعض. أحياناً، بل انه اي هذا المفهوم بدا له دائماً غير كافٍ بمفرده لدعم البصريات في مجملها.

والواقع ان الانتقادات التي وجهها نيوتن الى النظريات الذبذباتية تبدو ضعيفة نوعاً ما :

فالنظرية الذبذباتية الخالصة تبدو له غير متلائمة تماماً مع مبدأ المداخل او المراض. ويكون من الضروري القول بوجود الثيرين ارجماجين. وتنتشر الذبذبات من احدهما بسرعة أكثر وتنتج في تغير حركة الآخر. ولكن لم يكن هذا المظهر السلبي الذي ادخله هذا التعضيد هو الذي حمل نيوتن على استبعاد النظريات الذبذباتية الخالصة. ويحتفظ تعلقه بنظريات الارسال، بالكثير من العفوية اما تحفظه فيمكن ان يرد أيضاً الى عدة أسباب :

بالدرجة الاولى تفسر هذه النظرية بشكل طبيعي جداً. انتشار الضوء بخط مستقيم. وفي هذه الحجة بالذات تصور هوك Hooke وجود أشعة عمودية في مواجهة الموجة الكروية. ولكن هذه الحالة هي حالة نظرية خالصة وقد لاحظ نيوتن ان الاضطراب في النمط الهيدروديناميكي ينتشر بصورة استثنائية بخط مستقيم. ان الضوء ينقرط فجأة: ويستنتج : « إن النور وهو ينتشر بخط مستقيم لا يمكن ان يقتصر على قعر الوسط فقط » وهو يمين اوشك ان ينتج في تفسير الانتشار المستقيم. وكان ينقصه ان يطرح بوضوح مبدأ تخريب الموجات بفعل تداخلاتها وهذا المبدأ سوف يتيح ليونغ Young وفرنيل Fresnel أن يوفقا نهائياً بين الانتشار المستقيم والنظرية التارجحية.

ومن جهة اخرى، حملت التجارب الميكانيكية، نيوتن نحو الفرضيات اللرية. اذا كان الضوء مؤلفاً من جسيمات مادية فان قوانين الديناميك، وخاصة قانون الجمود، تطبق مباشرة وتؤدي الى تفسير بسيط للخصائص الأكثر تأكيداً في الضوء.

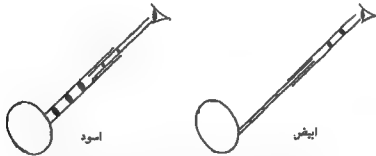
واخيراً ان الاسباب السيكلوجية التي لا تعمل، حملت نيوتن على التضامن بصورة رسمية مع النظريات الجسيمية: وبدا هوك Hooke الممثل الأكثر اهلية، الرسمي، لنظرية الاثير. ودوغمائية هوك. وطموحه الى احتكار ابوة نظرية للذبذبات، كل ذلك حمل نيوتن على الاحتفاظ بعنصر مادي لم يكن هوك يرى ضرورة له.

وحده فقط التطور الفلسفي لفكره سمح بالظن، تخميناً بأن نيوتن يفضل نظرية مختلطة. لا شك

ان اسباباً تكتيكية، واسباب حذر، قد تكون قد دفعته على سلوك مياسة مهادنة آتية، او ربما تمنح. ولكن هذه السياسة ربما كان دافعها القناعة العميقة بان اختيار الفرضيات، المفيد احياناً، هو في اغلب الاحيان، لا يؤبه له. ان جوهر كل ظاهرة هو اسلوب انتشارها. قال هذا الشأن « لا يمكننا ان نعرف هل النور هو قذف لاجسام صغيرة جداً ام انه ليس الا حركة مجردة، او نوعاً من القوة التي تنتشر». ولهذا كان ل. بلوش L. Bloch على حق، والى حد بعيد جداً، حين زعم ان نظرية نيوتن يجب ان تكون مختلطة لانها تريد ان تبقى انجائية.

III - نظريات الألوان

نظريات الألوان في اواخر القرن 16 - ترتبط الاجسام بالمظهر المحسوس للضوء. ولهذا كانت مطلق نظرية حول الضوء، دائماً، والى حد ما، نظرية حول الألوان، ولكن التلويحات تبدو ايضاً وكأنها تساهم في شكل تكوين الأشياء المادية. ولهذا فقد اعتبرت الألوان عموماً كظاهرة اقل نقاء، واقل بساطة من الضوء.



(صورة 29) - تكون الاسود والابيض بحسب نظرية افلاطون.

شرح افلاطون تشكل اللون الاسود والابيض والألوان المختلفة في الظروف المختلفة التي تسود التقاء تيارين: النار البصرية الظاهرة من العين والجسيمات الصادرة عن الأشياء. فإذا كانت الجزيئات الصادرة عن الأشياء كبيرة نوعاً ما، تتوصل النار البصرية الى تقسيمها، وعندئذ يحصل الاحساس بالاسود. وبالعكس اذا كانت النار البصرية محطمة بالجزيئات الصغيرة جداً، نحس بالابيض. وهذه الظاهرة اذا تتابعحت حتى تصل الى مستوى العين فانها تولد الشرارة او اللمعة. ولكن هذا التفاعل اللامع قد يخف حين يتصل برطوبة العين وعندها يحدث الشعور بالآخر. اما المذهب والرمادي والاخضر... فيحصل بخلاط متنوعة بين هذه المفاعيل الاولى. ويستطرد افلاطون: و بالنسبة الى الألوان الاخرى نرى الى اي امزجة يجب تشبيهها حتى نحافظ على صحة اقوالنا. ولكن بمحاولة وضعها موضع رقابة التجربة، تعني تجاهل الفوارق بين ما هو بشري وما هو آلي في الطبيعة، لان الله لكي يجمع الكثرة في الوحدة يمتلك المعرفة والقدرة. في حين انه لا يوجد بين البشر من يستطيع هذه العملية لا الان ولا في المستقبل. (تيمي Timée).

وبالنسبة الى نظرية ديموقريط، نشير الى الامة المعطاة للنار البشرية التي تتيج التأكيد بأن كل لون ليس، لا ما هو مفقود ولا ما هو قاذف بل ما هو حاصل في الفترة بين الاول والثاني، وهذا ما يحصل لكل انسان بمفرده (تيتيت) Théétète.

ويوجه مختلف نوعاً ما وضع ارسطو تفسيراً للالوان . انها خلط او مزائج بنسب مختلفة من النور والظلام : فالنور الزخم والظل اذا تعاقبا يحدثان الالوان الحمراء . وأخيراً ان الظل الكثيف والضوء الخفيف ينتجان البنفسجي . وهذان اللونان اساسيان . وانطلاقاً منها نحصل على كل الالوان الاخرى اما بالمزيج واما بالتفريق او المقارنة .

ولم يحدث اي تغيير اساسي حتى عصر النهضة ، على هذه النظرية . رغم ان ظاهرة تشتت الانوان بواسطة الموشور معروفة منذ القديم . حتى ان سينيقي Sénèque قد شبهها بحدوث الالوان الظاهرة في قوس قزح . ولكن في القرون الوسطى بدا تفكيك الالوان بواسطة الموشور تأييداً مرضياً لافكار ارسطو : فالضوء المنحرف فوق زاوية الموشور يجتاز سماكة من الزجاج اقل ضخامة من الضوء المنحرف لجهة قاعدة الموشور . واذا يوجد ظل اكثر ونور اقل من ناحية القاعدة ، وهذا يتوافق مع تعريف اللون البنفسجي . ظل اقل وضوء اكثر من ناحية قمة الموشور يحدث اللون الاحمر بحسب تصورات ارسطو .

الاراء السابقة على ديكارت حول طبيعة الالوان - جرت محاولة دحض نظرية ارسطو حول الالوان سنة 1617، من قبل اليسوعي غاليتماريسكوتي Galetto Mariscotti . فقد بين ان ليس اجتياز الموشور هو الذي يحدث التلون بل الانحراف الذي يصيب الاشعة . واذا كانت الاشعة تجتاز الموشور بصورة طبيعية فلا يلحظ اي تلوين . ومن جهة اخرى ليس الشعاع الاكثر نقاءً ، وهو الاصفر، الشعاع الاقرب الى ذروة الموشور كما تدل على ذلك النظرية الارسطية ، بل الشعاع الوسط : واذا فهو يجتاز كمية من الزجاج اكبر من الكمية التي يجتازها الاحمر، فيحصل من ذلك انه يكتسب ظلمة اكبر، وهذا ما ينقض نظرية ارسطو .

وبالرغم من هذه الاعتراضات ، حاول بارو Barrow في سنة 1674 ان يكمل افكار ارسطو . فالانسود يحدث بامتصاص كامل للضوء . اما الالوان وهي مزيج من الظل والضوء فتقوم على انها انعكاسات متعددة تفصل بينها الامتصاصات . وكلما زادت هذه الامتصاصات كلما تحرك اللون نحو البنفسجي .

النظريات الديكارتية . الوان وذهابات - في هذه الفترة اخذت النظريات الخلوية والحركية التي جاء بها ديكارت تحمل محل مبادئ الفيزياء المدرسية . وساد الاعتقاد بان الضوء ينتقل كالضغط الواقع على جسيمات في وسط لطيف وسطي . وفي مسام الاجسام الارضية تدور هذه الجسيمات وتغزل وسرعة دورانها تعادل تقريباً سرعة تنقلها بخط مستقيم . ولكن فوق سطح الاجسام اي عند حدود الفصل بين الظلام والضوء تحرم الخلايا اللطيفة من جاراتها . فتتلقى اذا ضغطاً وحيد الطرف، وبحسب اتجاه دورانها تصبح سرعة الغزل أكبر وأصغر من الانتقال ويكون التلون مظهرأ بمجده فرق

السرعة. وينتقل التلوين من الاحمر الى الاصفر الى القرمزي. ان الالوان ليست شيئاً آخر في الاجسام الملونة، غير الاشكال المختلفة التي تنقل بها هذه الاجسام الحركة الى اعيننا .

وكانت النظريات الديكارتية، العارية من كل اساس تجريبي كمي، متهافة، ويزداد تهافتها كلما كانت تفصيلاتها اكبر واعمق. ولم يخف بويل Boyle حذره من هذا النوع من التفسير. واقترح الاب بارديز P.Pardies نظرية قد تبدو تسوية بين مبادئ ارسطو والآراء الديكارتية الجديدة. فهو مثل ارسطو ومثل بارو Barrow يقول بلونين اساسيين : الابيض ويتبع عن الانعكاسات فوق الاجزاء المدورة من الاجسام، والاسود ويحدث بفعل الامتصاصات في الاجسام الجوفاء . اما الالوان الاخرى فهي مزائج . وهذه المزائج تتكون بعد خضبات متتالية في الجوهر الاثيري . وتوصل هذه التمسجات (واليوم نقول تشر) حركة جانبية نماذجها تفسر فروقات الالوان. وذلك هو حال التقلح الحاصل على يد غريمالدي Grimaldi اثناء تجاربه على الانحراف .

وقد وجدت هذه الافكار الغامضة نوعاً ما تعبيراً صحيحاً عنها في نظرية مالبرنش Malebranche، وهي اول نظرية حديثة في الالوان .

نشرت هذه النظرية سنة 1699 فجمات تالية للمبادئ الواردة في كتابات نيوتن حول ذات الموضوع. ومع ذلك فقد كان مالبرنش يجهل في تلك الحقة نظرية نيوتن . فبدأ عمل مالبرنش اصيلاً تماماً .

وقد اقترح مالبرنش، معتمداً على الشبه بين الضوء والصوت، اقترح تفسيراً ذكياً لكتنوع الالوان . في الصوتيات تتوافق الذبذبات الواسعة الى حيد ما مع الاصوات المختلفة القوة. ومن جهة اخرى هناك ذبذبات متلاصقة الى حيد ما تتطابق مع اصوات ذات غُناات متنوعة. ولكن ضخامة الذبذبات الضوئية، لا تستطيع ان تؤثر في التلوين، كما هو الحال في الاصوات. ولكن هذه الضخامة تغير فقط في زخم الظاهرة. وللحصول على الالوان المختلفة اي على الاضواء ذات الطبيعة المتنوعة يجب الانطلاق من الذبذبات ذات السرعات المتنوعة وليس من الضخامة. ويقدر ما تتناقص السرعة، تنتقل من الابيض الى الاصفر ثم الى الازرق. والفرق عن الصوت يتأتى من ان الصوت سببه ذبذبات الهواء في حين ان الالوان تتأتى من ذبذبات في اثير لطيف .

« والامر بالنسبة الى الضوء والالوان المختلفة كما هو بالنسبة الى الصوت ومختلف النغم . وضخامة الصوت تتأتى من قوة ذبذبات الهواء العادي، وتنوع النغم يأتي من سرعة هذه الذبذبات بالذات . وقوة الالوان وبهاؤها يأتيان إذا، وايضاً من قوة الذبذبات، لا في الهواء، بل في المادة اللطيفة واختلاف انواع الالوان من سرعة هذه الذبذبات بالذات » . وتجعل النظرية الاولى، نظرية مالبرنش من الابيض لوناً كجبة الالوان. وفي سنة 1712 عندما اطلع مالبرنش على اعمال نيوتن غير نظريته. فاصبح لكل لون سرعة خاصة في الذبذبات. واليباض هو تراكم في هذه السرعات المختلفة. وهكذا اصبح الاتفاق مع افكار نيوتن عققاً تماماً . وعلى كل حمل تشبيه الضوء بالصوت، تشبيهاً ادى

بالمبرنش الى تفسيرات ذكية جداً ، حمله على القول بوجود سبعة ألوان اساسية . ان الذبذبات هي ارقام قابلة للقياس كما هو الحال في اهم الفرجات الموسيقية . وهذا التصور هو الذي اعتمدته نيوتن أولاً . ومهما يكن من امر فالشعاع ذو الذبذبات الاسرع ، اي البنفسجي يجب ان يكون الاكثر تحوّلًا في المنشور ، وهذا ما ايدته نظرية التشتت .

وبعد موت مالبرنش نسبت نظريته حول الألوان تقريباً . وقد عاد اولر Euler الى فرضية الترابط بين اللون ووتيرة الاشعاع ، دون ان يأتي على ذكر مالبرنش . وبذات الوقت ظهرت نظرية هوك Hooke الذبذباتية وكانها قد تأثرت في التموجات الكبرى في موضوع نشأة الألوان . ففي نظر هوك تنشأ الألوان عن التفاوت في توجه الذبذبات الضوئية عبر الاجسام الشفافة . ولكن ظاهرة الانكسار المزدوج تكشف على عدم تناظر في الحركة الذبذباتية للضوء . ووجود شعاع عادي وشعاع غير عادي بصورة آنية ومتتالية حمله على القول بوجود شعاع ضوئي مزود بوجهين متناظرين اي بوجود ذبذبات متعاضدة ومستقلة . ولا يوجد اذاً الألوان اساسيان مستقلان ، سنداً هوك ، وهما الاحمر والازرق .

يقول هويجن ايضا ، ولاسباب مماثلة ، بوجود لونين متتالين يفترضهما الاصفر والاحضر .

ومع ذلك ، وبعد اشغال نيوتن ، قبل هوك اخيراً بتعدد لا متناه في تنوع الألوان كما قال بترابطها بانكسار معين . كما نادى ، وهو الامين على نظرية ذبذباتية خالصة ، بان تتابع اللون الاحمر بعد الازرق مرهون بتوزيع القوة ، اي زخم الذبذبات على طول الشعاع . واذا كان القسم الاقوى - وهو المرتبط عند هوك بزخم الذبذبة - هو الاول ، يحصل الاحمر . وان انتقلت القوة الى الصف الثاني حصل الازرق . والفرق بين ضخامات الذبذبات قد يكون ظاهرياً خالصاً . وهو قد ينتج مثلاً عن الانفصال الخفي بين ذبذبتين مختلفتين واحدة قوية وواحدة ضعيفة . ذلك هو اصل تلوين الشفقات الرقيقة ، كما رأينا .

وباستثناء مالبرنش ، عالج جميع الفيزيائيين ، حتى مجيء نيوتن ، الألوان وكأنها اختلافات جوهرية او حركية اصابها ضوءاً يفترض انه نقي خالص . ويقوم تفسير التشتت على التفتيش عن كيفية تغير المنشور لتركيبة الضوء وحركته عندما يجتازه . وقد بنيت في هذا السبيل نظريات معقدة جداً . فقد ميز ماريوت Mariotte مثلاً بين ثمانية مبادئ تسود توزيع الألوان في حزمة منحرفة . والتجديد في البصريات النيوتونية يقوم على الغاء مسألة الضوء النقي واستبداله بمسألة الألوان .

انتاج نيوتن . الألوان النقية وتعقيدات الضوء الابيض - اكد نيوتن ، بعد اعماله حول التشتت ان النور الابيض يتألف من عدد من الألوان النقية التي يمتلك كل منها انعكاسية خاصة . « كل ضوء منسجم له لونه الخاص الذي يتوافق مع درجات انكساره . وهذا اللون لا يمكن ان يتغير لا بالانعكاس ولا بالاتحراف » . (كتاب اوبتيك ترجمة فرنسية ، كوست Coste ، 1720 ص 136) .

هذه الألوان المقترضة 7 بدت فيما بعد لا حصر لها . وبعدها اصبح نيوتن يواجه عدداً من المسائل المضللة : هل توجد الألوان في الظلام ؟ هل هي صفات للاشياء المضيئة ؟ وبدون تردد اكد نيوتن ان الألوان تعود الى الضوء لا الى الاجسام . وبالطبع ان الاشعة الضوئية ليست بذاتها ملونة ولكنها تمتلك

قدرة او استعداداً خلقى احساس بهذا اللون او ذاك .

يقول هذا المعنى : «ان الأشعة التي تظهر الاشياء حمراء تسميها حمراء . والأشعة التي تظهر الاشياء صفراء او خضراء او زرقاء او بنفسجية تسميها اشعة خضراء او زرقاء او بنفسجية » .

وقد تظهر الالوان بعض الخصائص الذاتية للجسام المضادة . ولكن هذه الخصائص ليست بذاتها تلوينية .

والاعتراضات على نظرية نيوتن سرعان ما تدفقت . وبعضها كان تجريبيّاً خالصاً . فقد قيل مثلاً ان خليط الالوان لا يمكن ان يعطي اللون الابيض . وقد قام الاب بارديز P.Pardies بالتجربة ، ولكن فشله جعله يرفض نظرية نيوتن ويعتبرها مجرد فرضية . وبناءً على توجيهات تجريبية من نيوتن ، حصل فيها بعد على نتيجة مرضية .

ومن جهة اخرى وجد هوك انه من المستصعب القول بأن واحد بجهرية الضوء ، ووجود عدد لا نهائي من الالوان في داخله . فاذا كانت الالوان موجودة سابقاً في اللون الابيض ، فانه يوجد فيه فقط الالوان الاساسية . ولكن من الممكن ايضاً الظن بحلوث عدد غير محدود منها شرط ان نفترض ان الضوء ليس جوهراً بل مجموعة من الذبذبات في الاثير . الى هذا الرأي انضم هوك أخيراً .

في بداية اعماله ظل نيوتن اميناً لتصور جسيمى خالص ، فحاول ان يفسر تنوع الالوان بتنوع الجسيمات المضيئة . فافترض اولاً ان الضوء يتألف من جزيئات متناثرة مزودة بانعكاسيات مختلفة . ثم قال بان الفرق بين الجزيئات المضيئة يقرم فقط على تنوع في ضخامتها وان الجزيئات الاصغر تتطابق مع اللون البنفسجي . واذا كان تنوع الالوان مرتبطاً بالاحجام وبالتالي بحجم الجسيمات المضيئة فان الانكسار مرهون بهذا الحجم لان دور الموشور هو ذاته في كل التجارب . وظن نيوتن انه بين بان انحراف الضوء هو ظاهرة جذبية . وقد حصل على قانون السينوسات عندما افترض بان الوسط الانكساري يجذب الجزيئات المضيئة . وهذا الاستنتاج يفترض ، كما هو الحال في اسلوب ديكارت Descartes ، ان سرعة الضوء تزداد مع زيادة ثقل المكان نوعياً . واكثر من ذلك - وهذا امر لم يره ديكارت - لم يكن قانون السينوسات صالحاً الا لان كل ضوء هو وحيد اللون . فمن الطبيعي اذا بالنسبة الى نيوتن ان يفترض ان التشتت مثل الانكسار هو ظاهرة جذبية . وهذه الفرضية تظهر حالاً ما فيها من صعوبات خطيرة . اولاً يجب ان نفترض ان الجسيمات البنفسجية التي هي الاكثر انحرافاً هي ايضاً الاكثر انجذاباً ، وهذا امر غريب ، لانها الاكثر صفراً .

ومن جهة اخرى هناك مجال للظن بان الانحراف والتشتت يجب ان يتناسب ، لانها يفتليان نفس التفاعلية الانجذابية . وظن نيوتن وهو يجرب على موشورات من الزجاج انه قد تثبت من صحة هذا الحكم . واستنتج منه استحالة الشاء تيه اللون في العدسات وفي الموشورات . ولا يمكن لاجتماع العدسات ، ان هو اقترن بمفعول انحرافي ، اي ان انتج انحرافاً في الشعاع المنبعث ، هذا الاجتماع لا يمكن ان يكون بدون ظلال لوني ، وهكذا دفع نيوتن الى اختراع التلسكوب ذي المرآة لكي يتفادى

النتائج المحتمنة في تيهان الالوان. هذا الضلال « ضلال نيوتن » الذي حاربه أولر Euler، قبل بدون مناقشة بخلاف القسم الاول من القرن الثامن عشر.

وعلى كل، وبعد 1672، لم يستبعد نيوتن مبدأ اثير متذبذب، وبين ان هذا المفهوم يتوافق مع وجود عدد غير محدود من الالوان. ان جزيئات النظرية المختلطة تحفز ذبذبات الاثير. وبعدها تتوافق صفات الموجة الحاصلة على هذا الشكل مع مختلف الالوان. ولكن الاتساع (لا التواتر كما هو عند مالبرنش) هو الذي يرتبط باللون .

مع مالبرنش ونيوتن تشكلت نظرية حديثة للالوان . وبخلاف القرن 18 كان صحة هذه الاصلاحات المتداخلة تثبت باستمرار. وتميزت الالوان بسلم من الوتائر وكل واحد من المكونات « الوحيدة اللون » Monochromatique تشكل لوناً صافياً . اما تكوين بصريات كيميائية ، وبخاصة نظرية رياضية للالوان ، فقد اتاح التأكد بشكل دقيق بطرق سنوف تصبح الاكثر دقة في كل الفيزياء، دقة التصورات الفاعلية. وسوف يكون تطور بصريات فرنل Fresnel اثباتاً للمبادئ الموضوعية بوعي من قبل مالبرنش وهويجن ونيوتن، كما سيكون مبرراً لطرق البصريات الرياضية الجديدة .

الفصل الخامس : المغناطيسية والكهرباء

« وبسبب تعطيل قطعة من العنبر بعد حفرها بالصوف لقوانين الجاذبية ، اوجدت الفيزياء قوانين الكهرباء الستاتية . ولأن قطعة مغناطيس تسحب الحديد رغماً عن قوانين الجاذبية بالذات ، صاغت الفيزياء أيضاً قوانين المغناطيسية » (الاب ديهيم P.Duhem)

من المعلوم ان طاليس Thalès (القرن السادس قبل المسيح) في الغرب هو الذي يعود اليه الفضل الاول في الانتباه إلى هذه الشلذات على قواعد الجاذبية ، او على الأقل جذب الانتباه اليها . ومضت قرون بعده ولم يضاف أحد شيئاً إيجابياً على المعرفة بظواهرات الكهرباء والمغناطيسية . وللخروج من هذا الجمود ، حدث أمرٌ جاء رجل :

اما الحدث فهو انتشار اكتشاف في الغرب في أواخر القرن الثاني عشر ، يبدو ان الصينيين عرفوه في مطلع العصر المسيحي هو اكتشاف البوصلة (1) . والقدرة النظرية للخاصية المدهشة التي يتسم بها المغناطيس الذي هو في اساس البوصلة ، هذه القدرة النظرية تعادل الخاصية العملية التطبيقية . ونورد حرقياً ما قاله مؤلف في القرن السابع عشر هو وليم بارلو William Barlow ، بشكل مبالغ تقريباً انما موحى :

هذه الخاصية « . هي المصدر الحقيقي لكل علم المغناطيس ، بحيث انه لو عرفت عن المغناطيس صفات اخرى قبل ذلك ، فان اسبابها كانت ستظل مجهولة تماماً ولم تكن لتكتشف قبل ذلك » .

والرجل الذي استفاد من هذا المصنر ، الذي لم يكن علم المغناطيسية بل العناصر الاولى لهذا العلم هو الراهب من البيكاردي بيار ماري كور(2) Picard Pierre de Maricourt . في كتابه القصير حول المغناطيس ، والموجه الى شخص اسمه سيغر فوكوكور Syger de Foucaucourt (ابستولا

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصلين الرابع والثامن .

(2) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل الثامن .

بريسيني... 1269 (Epistola Petri Peregrini) «يزاوج» بيار ماري كور Pierre de Maricourt بين المغناطيسية وعلم الفلك، بين التجربة المغناطيسية والعقلانية الفلكية. ويرى في الحجر المغنط الذي يتجه باتجاه محور السماء أو باتجاه كرة الثوابت، «المثل» لهذه الكرة وحد عملياً، على الحجر المغنط وجود قطبين ووجود محور يجمع بينهما، وهذان القطبان يمثلان القطبين في الكرة السماوية والمحور الذي حوله تدور. وهكذا بعد أن حدد بنية المغناطيس، توصل بيار ماري كور Pierre de Maricourt الى اثبات مجموعة من الظواهر المغناطيسية الاساسية .

وطيلة القرون الثلاثة الماضية من القرن الرابع عشر الى القرن السادس عشر لم يُتَسَّ ما قاله ماري كور Maricourt. ولكن زعمه التشبيهي اُهمِل، وبدلاً من جعل تصوراته الموحدة والمنظمة، وبدلاً من التجارب ومن الخصائص المغناطيسية الموضوعة من قبل الراهب البيكاردي Picardi، نجد بصورة مشتتة لدى مختلف المؤلفين عدداً من الاجزاء غير المنظمة. فضلاً عن ذلك ان تأويله الايجابي الوضعي للظواهر المغناطيسية المستقى من علم الفلك نجد له، بحسب المؤلفين وبحسب وجهات نظرهم، تفسيرات تيولوجية وشاعرية وحيوية وحيائية وحركية أو سحرية .

وعلى كل حال وضعت بعض الظواهر الجديدة والمهمة، في المغناطيسية، موضع الابرار طيلة هذه الحقبة. وإلى هذه الايضاحات يعود الفضل في اكتشاف ما هو جوهري بالنسبة الى المستفيدين من البوصلة مثل البحارة، وايضاً السحرة في عصر النهضة. وقد ساهم هؤلاء جميعاً في ابراز ظواهر المغناطيسية. واستعار جان باتيستا بوركا Giambattista della Porta (في كتابه السحر الطبيعي: الكتاب 1589,20) بعض تجارب ماري كور Maricourt فطورها واكتشف بعض الوقائع الاخرى المهمة.

وهكذا تشكل، بين القرن 13 والقرن 16 قسم من مجموع الظواهر الاساسية في المغناطيسية. ولكن اذا استثنينا عمل بيار ماري كور Pierre de Maricourt، فإن هذه العناصر الايجابية تفرق لدى افضل المؤلفين في ركام الاساطير والخصائص الخيالية والسرية او السحرية المعزوة الى المغناطيس. وظل الادب المغناطيسي ينقل حكايات من ايام بلين Pliny، ويفتي بقصص خيالية عن بحارة، وهذه الحكايات تتعلق بصخور هائلة او جبال عظيمة، فضلاً عن اختراعات المشعوذين الجدد في عصر النهضة.

في هذا الوضع ظهر في لندن سنة 1600، وفي السنة الاولى التي بدأ فيها القرن السابع عشر، المؤلف الذي سوف يتغير نهائياً مجرى تاريخ المغناطيسية وهو: «في المغناطيسية». مؤلفه ولیم جيلبرت William Gilbert (1540 - 1603). وقد لقبه معاصروه بحق «ابو الفلسفة المغناطيسية». وقد قرأ جيلبرت Gilbert كل المؤلفين القدماء والمحدثين الذين عالجوا موضوع المغناطيس وعرف كتبهم تفصيلاً. في مقدمة كتابه اعلن جيلبرت عن عزمه على التخلص نهائياً من اسلوب المتكلسف الذي جرى عليه سابقوه الا ان هذه المقاطعة الجملية فعلاً لم تكن كاملة: فقد كان لاحد السابقين مقام عنده هو بيار ماري كور Pierre de Maricourt. وإذا كان قد تكلم عنه قليلاً فانه مدحه كثيراً. والمقارنة بين كتاب جيلبرت في المغناطيسية وكتاب ماري كور: «رسالة في المغناطيسية» تظهر بدون ادنى شك تأثر

جيلبرت كلياً بالراهب البيكاردي . وقد ذهب بعض معاصري جيلبرت إلى حد اتهامه بأنه سرق عن الراهب .

والإتهام كاذب وظالم ولكن من المهم التذكر، بهذا الشأن، بأن التأثير هو سببية معقدة، حيث، كما أشار أ. كوارى A. Koyré، « يكون المفعول سبب سببها » . وإلى جيلبرت Gilbert يعود الفضل الأول في تقدير أعمال ماريكور Maricourt واتخاذها إياه نموذجاً . فقد أخذ عنه، اخذاً نقلاً، تصويره التشبيهي للمغناطيس واسلوبه التجريبي . ولكن جيلبرت أراد الذهاب أبعد من سلفه، ودعا قراءه إلى اتباعه ضمن الطريق الجيد المشتمل .

وقد طبع تاريخ المغناطيسية كله، بخلال القرن 17 بطابع جيلبرت . وتمت العودة إلى عمله، فانتقدت تفسيراته وتصويراته، لما فيها من أسراف، وتكررت تجاربه واستكملت . وانتقدت انتقاداته بدورها . وهكذا، ابتداء من جيلبرت إلى هويجن، مروراً بكابو Cabeo وديكارث Descartes وبريل Boyle، اكتفأ بذكر المؤلفين الأكثر أهمية ، حققت المغناطيسية سلسلة من الانجازات الحاسمة في جميع الأوجه : نظام المغناطيس والمغناطيسية الموضحة، تحديد نطاق ومكانة العلم الجديد، تشكيل الأحداث الأساسية في المغناطيسية .

وفي سنة 1687 ظهر كتاب « الفلسفات الطبيعية والمبادئ الرياضية » لنيوتن، بمبحثه المعرفي (ابيستمولوجيا) الجديد، وما فيه من تصور جديد للجاذبية الكونية ونموذج الجاذبية الأرضية، فاعطى للمغناطيسية العناصر الأخيرة اللازمة لها لتكون علماً فيزيائياً رياضياً .

وهذا الحدث لم يقع إلا في الربع الأخير من القرن الثامن عشر . فلماذا توجب انتظار حوالي قرن من الزمن، حتى تطبق على الظواهر المغناطيسية النموذج النيوتني، وحتى يتم صياغة القانون الاساسي في المغناطيسية (قانون كولومب) الذي يشبه شكلاً قانون الجاذبية الكونية ؟ سوف نبين ان القرن 17 هو المسؤول جزئياً عن هذا التأخير .

وكما ان القرن 17 لم يتوصل إلى استخلاص قوانين المغناطيسية، فانه لم ينجح كذلك في صياغة قوانين الكهرباء الجملة (الكتروستاتيك) . الواقع انه لم يكن يمتلك الوسائل الكافية لكي يخلق العلم الكهربائي، ولم تكن لديه الرغبة في ذلك، نظراً لانعدام الوعي الحق لاهمية ولخصوصية الظواهر الكهربائية . وعمله (أي القرن 17) وانجازه في هذا المجال لا يشبه في شيء انجازه الذي تحقق في مجال المغناطيسية، ولكنه يبقى رغم كل شيء مهماً .

II - انجاز القرن السابع عشر في المغناطيسية

في القسم 4 من « المبادئ الفلسفية » المنشور في امستردام سنة 1644، انصرف ديكارت في الفقرة 145، « لعدد كل خصائص للمغناطيس »، تعداداً ضرورياً « . . من اجل تبين أن كل هذه

الخصائص وكل التجارب الغربية التي استطاع المعجبون بالمغناطيس اكتشافها، حتى الآن، يمكن ان تفسر يمثل هذه السهولة بفعل... (البداية التي عرضها ديكرت في الفقرة 135). . . وان هذا وحده يكفي للاقتناع بصحتها... .

واذا أخذ هذا التعداد بذاته، خارجاً عن كل عودة الى الهدف الديكارتي، فانه يستعرض تقريباً بمجموع ظاهرات المغناطيس المعروفة في القرن 17. فقد كان نصف هذه الخصائص تقريباً ثابتاً قبل سنة 1600، ولكن، كما سبق القول، الى وليم جيلبرت William Gilbert يعود الفضل في كشفها من جديد وعزلها عن مجموع الخصائص السحرية او الوهمية التي كانت تغشوها.

1 - تعداد خصائص المغناطيس

ما قدمته القرون الوسطى - ان المغناطيس الحر في حركته يأخذ اتجاهاً محدداً في الفضاء . فيتجه احد اطرافه دائماً، وفي اي مكان ناحية الشمال ويتجه الطرف الاخر نحو الجنوب. ونسمي هذين الطرفين بالقطين : قطب الشمال وهو طرف الابرة الذي يتجه نحو الشمال، وقطب الجنوب وهو الطرف الذي يتجه نحو الجنوب⁽¹⁾.

« ان القطب الشمالي في « الحجر » المغناطيسي يجذب القطب الجنوبي في الحجر الاخر، والقطب الجنوبي يجذب قطبه الشمالي. وبالعكس ان قربنا القطب الشمالي من القطب الشمالي هرب الحجر... وكذلك ان قربنا القطب الجنوبي من القطب الجنوبي » (بيار ماري كور) Pierre de Maricourt.

وعندما يوجه قطبان من اسمين مختلفين نحو بعضهما البعض يقتربان حتى الملامسة ويمتصمان ليشكلا مغناطيساً واحداً . وبالعكس (تجربة المغناطيس المكسور)، ان قسمنا مغناطيساً واحداً بحيث يكون سطح القسمة قطعاً بزاوية قائمة الخط الذي يجمع بين القطين او ما يسمى بمحور المغناطيس، فان النقطتين من الخط المقطوع هكذا، واللتين كانتا متلامستين من قبل، والتي اصبحت احدهما في احدى قطعتي المغناطيس، والاخرى في الاخرى، هاتان النقطتان تصبحان قطين متعاكسين، بحيث ان احدهما تحاول أن تتجه نحو الشمال والاخرى نحو الجنوب .

اذا مغنط مغناطيس ما قطعة حديد في طولها، بواسطة التماس : « يتجه القسم الذي لمس الجهة الجنوبية من المغناطيس نحو شمال السماء وبالعكس يتجه القسم الذي لمس الجهة الشمالية من المغناطيس نحو جنوب السماء » (بيار ماري كور).

ومغنته الحديد ليست ثابتة . اذ يمكن تحريكها بسهولة ، وقلب اتجاه القطين وذلك عن طريق

(1) نأخذ التعداد الديكارتي كمرشد، ونستعمل بعض التعابير الديكارتية، ولكن نذكر الخصائص بحسب ترتيب اكتشافها تاريخياً .

التماس من جديد بواسطة قطبين متماكسين. ان حجر المغناطيس وقطعة الحديد المغنطة يتجاذبان ويتباعدان بحسب نفس القانون الذي يحكم مغناطيسين .

هذه المجموعة الاولى من الظواهر الاساسية ، التي وصفها بيار ماريكور ، والتي اتخذها كلها وليم جيلبرت تشكلاً كلاً منظماً ، او سلسلة تثبت كل صفة فيها الصفة التالية .

ما قدمه عصر النهضة - يمجّد كريستوف كولومب لانه اكتشف سنة 1492 الميل المغناطيسي ، واختلافه من مكان الى آخر في الكرة الارضية . وقد نسب الانكليزي روبر نورمان Robert Norman (توفي 1596) الى نفسه فضل اكتشاف الانحراف وتغيراته المحلية . لا شك أنه جهل يومئذ الكتاب الذي تكلم فيه جورج هارتمان G.Hartmann سنة 1544 عن تغيرات الانحراف المغناطيسي . ومهما يكن من امر تعتبر مساهمة المؤلف الانكليزي (الذي يصفه جيلبرت بأنه بحار بارع وحرفي مُبدع) عظيمة . فقد اثبت في كتابه « الجذب الجديد » (1581) انه يتوجب وضع وزن في القطب الجنوبي من اجل جعل الإبرة المغناطيسية افقية ، ولكن الانحراف لم يكن يسبب مادة ذات وزن : اذ لو كان هذا صحيحاً ، لما كانت الإبرة تميل نحو الأسفل ، بل تميل عامودياً ، ومن جهة أخرى لما كان للإبرة نفس الوزن قبل المغطة وبعدها . وصاغ نورمان ، زيادة على ذلك ، الرغبة في رؤية اجزاء قياسات الميل والانحراف في مختلف مواضع من الأرض . (كان يجهل ان مركاتور Mercator ، في سنة 1546 قد سبق ووضع خارطة اولى حول اختلاف الانحرافات) . وفي سنة 1585 نشر وليم بورو William Borough كتاباً اعتبره تكملة لكتاب نورمان ، عرف فيه بشكل دقيق خط الطول المغناطيسي ، وأشار الى طريقة قياس الانحراف ، كما اشار الى نتائج قياسات الميل في مختلف المواضع

وطور بورتا Porta في الكتاب السابع من مؤلفه (1589) تجربة المغناطيس المكسور التي اجراها بيار ماري كور . وعصم ، بشكل اولى النتائج التي حصل عليها مبيناً أن هذه النتائج تعود الى الظهور مهما كان شكل المغناطيس المكسور ، ولا يشترط ان يكون شكله كروياً ، (وهو الشكل الوحيد المعتبر من قبل ماري كور) : و ان القطبين اللذين يظهران عند الكسر هما نقطتان موجودتان تماماً على الخط الذي يجمع بين القطبين البعدين في المغناطيس الاول « (جان دوجات J.Daujat . وكسر فيها بعد المغناطيس ، انما بشكل غير عامودي كما فعل ماري كور على محوره ، انما فوق المحور بالذات : فان القسمين في كل من القطعتين الجديدتين اخذاً يبعدان عن الطرفين في القسم الآخر القريبين قبل القسمة . وهكذا ثبت بورتا Porta فكرة بيار ماري كور ، المستعانة في القرن السابع عشر وبهجتها تشبه خصائص كل قسم من المغناطيس الخصائص التي وجدت في المغناطيس قبل قسمته .

وكان بورتا هو اول من اشار الى ان شفرة الحديد المطبقة الى احد قطبي المغناطيس تحول قدرته على سحب قطعة حديد أخرى نحو هذا القطب بالذات ، في حين كان الاعتقاد سائداً بأن قوة المغناطيس لا يمكن ان تحول او تحجب بأي جسم كان . ويبدو أخيراً ان بورتا كان الاول في اثبات ان نخالة الحديد تصطف وفقاً لترتيب معين حول المغناطيس (وهذا ما يسمى بالطيف المغناطيسي) وان الحرارة تنزع المغناطيس .

وهناك تجربة اخيرة، كان لها اهمية نظرية قصوى، يجب ان تسجل لصالح القرن 16: لقد بين روبرت نورمان Robert Norman ان النقطة التي تتجه نحوها البوصلة، لا تجذبها بل توجهها، وتعطيها اتجاهاً وليس نقلاً (Translation): وقد وجد، بالتالي، انه من الضروري تسميتها « نقطة التوجه » بدلاً من نقطة الجذب.

ما قدمه القرن السابع عشر - بقي للقرن السابع عشر ان يكتشف التنوع المؤقت في الميل Déclinaison. وقد بينه جليبران Gellibrand سنة 1636. الى القرن 17 يعود ايضا الفضل في تصور وتحديد المغناطيسية الارضية. لقد فرض وليم جيلبرت فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس (رئيست مجرد مكان لمناجم مغناطيسية موجودة في بعض الاماكن من الارض. وقد ربط بالتالي بالمغناطيسية الارضية، المتصورة على هذا الشكل ظاهرات التوجه Direction والانحراف Inclinaison والميل Déclinaison.

ولم يلاحظ جيلبرت Gilbert ان الارض هي مغناطيس ضعيف. لقد رأى فيها الجسم المغناطيسي الأكثر كمالاً، والمغناطيسيات الاخرى لا تكتسب خاصيتها الا من خلال طبيعتها الارضية. وصحح الاب غراندامي Grandamy تصور جيلبرت: رغم كبر الارض وضخامتها، فان الطاقة المغناطيسية فيها لا تبدو قوية فيها الا في غالبية الصخور المغناطيسية الشديدة الصغر نسبياً.

ومن اهم اكتشافات جيلبرت هو اكتشافه المغنطة بدون تماس، « بالتأثير ». وهذا دفعه الى الاعتراف بان النار قد تتلقى القدرة المغناطيسية من الارض، حتى في حال عدم وجود اي مغناطيس، ان الارض او غيرها من المغناطيسيات يمكن ان تبعد قوة مطلق مغناطيس، ان هو بقي لمدة طويلة موجهاً بشكل آخر، في مواجهة احد المغناطيسيات او العديد منها، القريب او القريبة منه، حتى انه لا ينزع إلى البرم والتحول بصورة طبيعية.

وعند درس جيلبرت لتغير الاثار المغناطيسية تبعاً للمسافة، فقد حمل الى التمييز، حول مغناطيس كروي، بين كرة ذات جذب مغناطيسي وكرة ذات اثار موجية، تمتد أكثر بكثير. هذا التمييز يجب ان يربط، كما سنرى، بالتمييز بين « النقطة الموجية » والنقطة الجاذبة، التمييز الذي قال به نورمان Norman.

في القرن السابع عشر فقط لوحظ ان اقتراب مغناطيس من قطعة حديد بشكل مستطيل، فانه يتلقى الطاقة المغناطيسية دائماً بحسب طوله.

وذكر فيه أيضاً ان الصدا والرطوبة وليس الحرارة فقط هي التي تعطل قوة المغناطيس.

وأخيراً انه في هذا القرن اكتشف «ديكاروت الشكل الحلقي لما نسميه اليوم انابيب القوة المغناطيسية. » (ي بوير E.Bauer وعلق اهمية نظرية بالغة على ظاهرة الشبح المغناطيسي.

وبعد ان بُنا الخصائص الرئيسية للمغناطيس التي عدها القرن 17، فانا الآن سندرس المفاهيم التي اتاحت التثبت من هذه الخصائص والتفسيرات التي اعطيت لها .

2 - نظريات المغناطيسية

وليم جيلبرت - William Gilbert ترتبط نظرية المغناطيسية عند وليم جيلبرت بفكرة اساسية هي فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس . فهو يرى ان الارض ليست مغناطيسية لانها تحتوي جواهر مغناطيسية، بل ان الجواهر الارضية بطبيعتها هي مغناطيسية . ان القوة للمغناطيسية جوهريّة في الارض، في الجواهر الارضية . واذا كنا نجد المغناطيسية في الحجر المغناطيسي وفي الحديد، فذلك لان طبيعتهم، اكثر من طبيعة بقية الاجسام الاخرى، هي طبيعة الارض بالذات .

ان الخصائص المغناطيسية كلها تعود، في نظر جيلبرت، لا الى المادة التي منها تتكون الارض، بل الى « الشكل النجمي Astral » الذي اعطاها الله اياه . هذا الشكل المغناطيسي هو « القوة الحلاقة الاولى » هو الشكل الاول والرئيسي في الكوكب الارضي . انها مخصوص بكونها معين . هذا الشكل هو في تصور جيلبرت هو شكل زرعت فيه الحياة .

كتب يقول : « ان القوة المغناطيسية حية روحية او انها تشبه الروح . وهي من عدة اوجه تتجاوز النفس البشرية . . . ففي حين تستخدم الروح البشرية . . . العقل، وترى الاشياء وتبحث . . . فان الشكل المهيّء للكوة الارضية (مثل شكل بقية الكواكب) بدون اعضاء حواس، وبدون اخطاء، وبدون امراض، تمارس بصورة دائمة عملاً مستمراً ، سريعاً ومحدداً ، وثابتاً ، وموجهاً ، الخ . عبر كل كتلة المادة . . . »

هذا الاثر لا يقتصر فقط على المادة المغناطيسية . انه ينتشر في الجو المجاور . حول الارض، « تنتشر اشعة القوة المغناطيسية في كل مكان في مناطق موحدة للركز » . والجسم القابل للمغنطة ، عندما يوضع ضمن اطار تأثير الارض، فهو لا يتلقى ، بالمعنى الصحيح، شكله المغناطيسي من الارض - لانه يمتلكه، مسبقاً ، بحكم المماثلة والمشابهة في الطبيعة . الا ان هذا الشكل « يوقظ او يبعث » و« يزداد » . ان القوة المغناطيسية في الجسم المغنط تنتشر بنفس الشكل حوله، في الفضاء .

كيف تصور جيلبرت هذا الانتشار للقوة المغناطيسية، خارج الاماكن المغناطيسية ؟

« نحن لا نقول ان الاشكال المغناطيسية ومداراتها (Orbes) موجودة في الهواء او الماء او غيرها من الاماكن غير المغناطيسية، كما لو كان الهواء او الماء يتلقاها او يتأثران بها . لان القوى لا تكون فعالة ولا تبقى حقاً الا عندما تكون الاجسام المغناطيسية موجودة . . . ان المغناطيس يجفّر فقط الاجسام للمغناطيسية الواقعة على مسافات مناسبة » .

وينتج عن الشكل المغناطيسي مختلف الحركات المغناطيسية الطبيعية التي تمتلكها الارض،

وعندها ثلاث : حركة « كوايبو » Coitio (التي تسمى عادة بالجاذبية) ؛ حركة التوجيه (تعيين الاتجاهات Verticity) ؛ وإخيراً حركة الدوران (او البرم على الذات) .

ان الاجسام الممنطة ، كحجر المغناطيس او الحديد ، تمتلك هي ايضاً هذه الحركات الثلاث . وهي كالارض تمجذب ، وهي مثلها توجه ، ولكن حركتها التوجيهية تتأثر بجوار الارض ، وعموقعها الخاص ضمن دائرة مفعول الارض : وهذه الحركات بدلاً من ان تأخذ او تدل على الاتجاه الذي تتخذه الارض ، فانها تحرف وتميل ، وإخيراً اذا كانت المغناطيسات ، من حيث المبدأ ، تستطيع ان تتحرك بنحرة دائرية ، فهي لا تأخذ بالواقع هذه الحركة ، لانها اي الحركة معكوسة ومصدودة بعنف بالجاذبية الارضية . فبالنسبة الى جيلبرت : الجاذبية الارضية هي الجذب الذي تنفذه مادة الارض على مادة المغناطيس ، جذب يعبر عن نزوع كل مادة كوكب معين الى التجمع . واذا كانت الارض في مجملها تستطيع ان تدور حول نفسها ، فذلك لان الجرم الارضي هو في حالة توازن كامل حول محوره .

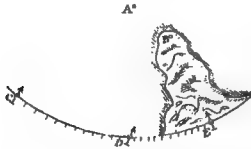
ينتج الجذب المغناطيسي ، الذي يميزه جيلبرت عن الجاذبية الأرضية ؛ « عن التأثير المتبادل » الذي به تنزع الاجسام الممنطة لا الى التكتل او التجمع في كتلة مادية واحدة ، بل الى اعادة تكوين ذاتها أي الى اعادة تشكيل جسم فعلي من الكتلة المادية ، له شكل (بمعنى التشكل المادي) وحيد ، أي لتشكيل ممناطيساً واحداً له قطبان وله محور .

والارض بقوتها (او بروعها المغناطيسية تأخذ وتحفظ بتوجيهها في الفضاء ، المكان الذي اراده الله لها . وكما ان المغناطيس المبعد عن اتجاهه يعود اليه ، منذ ان يصبح حرراً ، كذلك الارض ، بالفرض المحال ، ان ابعدت عن موضعها في الفضاء ، فانها تعود اليه طبعاً بقوتها المغناطيسية . ان القطبين الحقيقيين للارض ، القطبين النجميين ، ليسا ، في نظر جيلبرت ، مجرد نقطتين جيومتريتين « كما اعتقد كل الناس (قبله) » بل هما نقطتان فيزيائيتان .

ان اي ممناطيس ، حر في حركاته ، يأخذ مثل الارض اتجاهها في الفضاء . ولكنه ، كما سبق القول ، ينحرف وتميل . ويعارض جيلبرت كل الذين « حلموا » ، لكي يدللوا على الانحراف ، بمناجم من المغناطيس موجودة على بعد من القطبين الجغرافيين . وهذا هو السبب الحقيقي بحسب رأيه . لـز كانت كرتنا كرة مكتملة ومتناسقة ، لكانت الابر الممنطة المجتهد تماماً نحو الشمال . ولكنها غير متساوية سواء في تكوينها (قارات ، بحار ، ومغائر ارضية تحتية) او في تركيبها . وينتج عن ذلك « ان هذه القوة الشاملة للارض ، فوق سطحها ، تبعد الاجسام المغناطيسية نحو الاقسام الممنطة الاكثر قوة والاكثر ارتفاعاً » (الصورة 30) . كان جيلبرت يعلم انه لا يمكن تحديد طول مكان سنداُ لمعرفة الانحراف . وبالمقابل ، كان يؤمن ، وهذا هو استنتاج كل النظام ، بانه في كل نقطة تنجس الابر نحو الوجهة التي تميل بها اليها « قوة الارض الشاملة » . واذن فهذه الوجهة تتأثر بقرب الرواسخ القارية او حتى بالجزر البسيطة .

اما الميل Inclinaison ، فهو مرتبط بالصورة الجيومترية الخاصة التي يكون عليها المغناطيس

الارضي ، الصورة الكروية . وبالفعل اذا اعطينا حجر مغناطيسي شكلاً كروياً ، فانتنا نلاحظ انشاء نقلنا فوق سطحه ، لايرة مغمطة متوازنة انها تميل : عند خط الاستواء تكون الايرة مماسية للمكرة اي انها عامودية بالنسبة الى القطبين وفوق سطح الارض ، تتيح بوصلة الميل Inclinaison (التي عرفها جيلبرت) العثور على نفس القانون . ان الميل مرتبط بالطول (الموقع فوق خط الطول) ، الا انه غير متناسب معه ، لان التغير ينقص من خط الاستواء نحو القطب . والبناء الجيومتري الذي يقترحه جيلبرت ، لكي يشرح هذا القانون ، هو احد هذه الابنية الجميلة (الحافظة غالباً) التي قدمتها الفيزياء الجديدة في القرن 17 لكي تترجم رياضياً المظاهرات .



صورة 30 - تأثير الكتل الكبيرة على اتجاه البوصلة .
في منطقة متجانسة ، C ، تتجه البوصلة نحو القطب A (يقتر الرسم إلى اليمين) . في D وفي E تتسبب الكتلة B بانحرافها . (و . جيلبرت ، De magnet , ص 183) .

والميل اخيراً ليس سببه جذب المغناطيس الارضي بل هو ناتج عن تأثيره التوجيهي .

لنتأمل اخيراً في الحركة المغناطيسية الثالثة الطبيعية : حركة دوران الارض حول محورها . ان القرن 17 ، بمجمله لم يأخذ ، وهو مصيب ، بهذه الحركة التي نادى بها جيلبرت . لقد فتن عن تفسير للحركة اليومية للارض ، ضمن سبب ميكانيكي لا مغناطيسي . الا ان جيلبرت يرى ان هذه الحركة ، ان امكن القول ، هي الاهم في نظره . لان كل فلسفة مغناطيسية هي في خدمة مفاهيمها النجومية والكونية . فجيلبرت ، المبال ، من بين الاوائل ، الى حركة دوران الارض ، اراد المدافعة عن هذه الحركة ، ضد اعتراضات الارسطيين . فهو يقبل ، مع هؤلاء بالتمييز بين الحركات الطبيعية والعنيفة ، ولكنه يهتم بان يثبت ان الدوران على الذات هو حركة طبيعية وليست حركة عنيفة . وظن انه يجد في المغناطيسية الاسس الفيزيائية لهذا البرهان . مستلهماً في هذا عمل بيار ماريكور Pierre de Maricourt ، كما سنبينه الآن .

بيار ماريكور Pierre de Maricourt وجيلبرت Gilbert - يقول بيار ماريكور لمراسله « يجب عليك ان تعلم ، ان هذا الحجر (المغناطيسي) يجعل في ذاته شبه السماء » وهذه المشابهة ليست بارزة بشكل مباشر ، والتحليل العقلي لا يمكنه ان يقررها او يثبتها بقرينه . ان على الفن ان يثبت وجودها ويبرزه .

يوصي بيار ماريكور الحرفي ان يتقي حجارة مغناطيسية جيدة النوعية ومتجانسة . ويجب عليه ، فيها بعد « . . . ان يعطي للحجر شكلاً مدوراً (كما هو شكل الكرة السماوية) وذلك بواسطة الآلة المستعملة لهذه الغاية في البلورات وغيرها من الاحجار » .

فإذا تم إنجاز هذه الاعمال الأولية، عندها يمكن اقرار وتطوير المماثلة النجومية المغناطيسية .

كتب يقول : « في السماء ، هناك نقطتان ملحوظتان ، لان الكرة السماوية تدور حولها كما حول محور ، اولاهما تسمى القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي . ومثل ذلك ، انك واجد في هذا الحجر ، نقطتين تسمى اولاهما القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي » وقطبا الكرة السماوية هما النقطتان حيث تتلاقى كل الدوائر الكونية المسماة السمات Azimuts . ان قطبي المغناطيس هما كذلك نقطتا تلاقي الدوائر الكبرى التي سوف تظهر فوق الحجر المقصوب بالشكل التالي : « ... نضع فوق الحجر ابرة أو قطعة حديد بطول متوازن كالابرة ، وبحسب اتجاه الحديد نخط خطاً يقطع الحجر نصفين . ويعددها نضع الابرة أو قطعة الحديد في مكان آخر من الحجر وبالنسبة الى هذا المكان ايضاً نخط خطاً جديداً . وان شئت نفعل نفس الفعل في عدة أماكن ، وبدون أدنى شك ، تلتقي هذه الخطوط عند نقطتين » .

هذه المماثلة لا يتصورها بيار ماريكور Pierre de Maricourt كمشابهة رياضية خالصة ، تغطي حقائق مختلفة بصورة اساسية . ان مشابهة « السماء » التي يحملها الحجر في ذاته ، تعبر عن مماثلة طبيعية . ان المادة الاثرية / غير القابلة للفساد والمكونة منها الكرة السماوية (من ضمن مواد مختلفة) والمادة الثقيلة والقابلة للفساد والتي يتكون منها حجر المغناطيس ، لها نفس الشكل الذي يعطي للكرة السماوية وحجر المغناطيس ، ذات الصفة النوعية ، وهو ايضاً مصدر نفس الحركات الطبيعية ، ونفس الغرائز ، ونفس الشهية . هذه القناعة كانت عند كبيرة الى درجة انه اعتقد بانه من الممكن ان يكون لحجر المغناطيس حركة دائرية محورية متجانسة تشبه حركة الكرة السماوية : المدعومة بلطف بنقيضها ، ومحورها متركز على خط الطول الجغرافي او المغناطيسي (وهما غير متطابقين في نظره) ، انها حجر دائري تماماً يجب ان يدور تحت تأثير من السماء .

ونقل جيلبرت Gilbert هذه التصورات في نظامه الفلكي . وقطع حجر المغناطيس الى كرة ، لا على شكل الكرة السماوية بل على شكل الكرة الارضية : وسماها « ترالا » Terrella ابنة الارض . اما خطوط الطول والقطبان ، ومحور المغناطيس ، التي جعلها كلها بشكل مماثل تماماً للشكل الذي صنعها بيار ماريكور فلم تكن مماثلة للسماء بل للارض ، وهكذا اذا تغيرت كل المعاني عند الانتقال من « ابيستولا دي مغنيط Epistola de Magnete » الى « المغنيط » فإن البنيات ظلت كما هي .

ورغم ان هذه المماثلة الفلكية لم تحفظ ، من قبل العلم ، فان دورها كان ضخماً ، اذ انها هي التي اتاحت تصور للمغناطيس كشيء طبيعي لا كشيء فوق الطبيعة ، سحري ، وخفي . ثم ان هذه المماثلة ، اتاحت ، ايضاً ، نوعاً من الرضا للمغناطيس . ونخطيء حين نعتبر بان خطوط الطول المغناطيسية ، والكواكب المؤثرة الخ . التي يتكلم عنها بيار ماريكور وجيلبرت ، تغطي مفاهيم خط القوة ، وسطح المستوى . . . هذان المؤلفان اعطيا للمغناطيس ، للفضاء الداخلي ، ولسطحه ولفضائه المجاور بنية طوبولوجية Topologique متميزة ، لا بنية مترية .

كابو **Cabeo** وكبلر **Kepler** - لم يخل خلفاء جيلبرت **Gilbert**، في القرن السابع عشر، عليه بالمدح والاعجاب، سواء كانوا من الأرستطيين مثل كابو **Cabeo** وتلامذته غراندامي **Grandamy** وكيرشر **Kircher** وليوتود **Léotaud**، أم كانوا كوبرنيكيين **Coperniciens** مثل غاليلي وكبلر **Kepler**.

يقول كابو، في كتابه « فلسفة مغناطية » (1629) بدون تحفظ تقريباً، بالعمل التجريبي البليد إقام به جيلبرت، ولكنه يناقش تفسيراته وشروحاته النظرية. ويبيّن من جهة نظرية مختلفة هي النظرية الأرستطية حول المغناطيسية والتي كانت مفقودة حتى ذلك الحين. وطبق على نتائج جيلبرت المفاهيم التي وضعها شراح أرسطو، والاسكندر الأفروديسي **Alexandre d'Aphrodisias** حتى ابن رشد **Averroès** وسان توما **Saint Thomas** وطورها. واكتسب أيضاً الفضل العظيم في أنه بحث، عن ماهية السبب... الرياضي الذي يجعل القوة المغناطيسية تنتشر: في كل نقطة من كرة تأثيرها يجب أن تكون للقوة ضخامة وإدارة وتوجه يتلاءم مع بناء رياضي.

وأخيراً رفض حركة الدوران المغناطيسي، التي قال بها جيلبرت، ورد الحركتين الآخرين إلى حركة واحدة. وبصورة أدق لقد شرح بنفس الأسلوب حركات الجذب والتوجيه: أن الحركة الطبيعية في المغناطيس هي حركة الإدارة والتوجيه.

كتب يقول: « أن الجاذبيات المغناطيسية، لا تتأثر عن شيء آخر غير الاستقطاب (التناقض الكامل) **Polarité** الذي أشرنا إليه كوسيلة توجيه نحو قطبي الأرض بحيث أن الجسم المغناطيسي بنفس الحركة الواحدة، له كمال ضروري قادر بأن واحد على جذب الحديد، والتوجه نحو قطبي الكون، وأن بدا جيلبرت يعكس هذا الرأي... أن المغناطيس الحر، وبذات القدرة التي توجهه باتجاه وبوجهة معينين يتحرك أيضاً لكي يقترب من المغناطيس الآخر ».

لم يصف غاليليه شيئاً إلى دراسة المغناطيسية التي قام بها جيلبرت. أما كبلر فقد استفاد منها بشكل مميز. فقد ماهى بين للمغناطيسية والجذب الكوني (في حين أن جيلبرت ميز بينهما) بالنسبة إليه، كل القوى النجمية هي مغناطيسية. الشمس تدور حول نفسها وتحرك العالم النجمي بحركتها الذاتية (**Species motrix**) نوع جنس. ويفسر المدار الأهلبيجي للكواكب وللأرض (التي لا يقول جيلبرت بدورانها حول الشمس) يفسر بالاستقطاب (في المغناطيسيات الكوكبية، التي تميل وتدفع دورياً وتالياً، من قبل المغناطيس الشمسي، والتي من جراء هذا، تذهب سريعاً نوعاً ما) أن السرعات تتناسب عكسياً مع المسافات (لأن القوة المحركة المنبثقة عن الشمس، تخف بفعل المسافة » (أ. كوارى) **A. Koyré**.

ديكارت **Descartes** بويل **Boyle**، وهويجن **Huygens** - قليل من التجارب، انعدام الحساب اطلاقاً، نظرية طموحة تشكل في تفصيلاتها قصة حقيقية، لهذا كله كانت الدراسة التي قام بها ديكارت للمغناطيسية غنية للامال في نظر العلم الوضعي. ولكنها مهمة في الأعداد الفلسفي لعلم المغناطيسية.

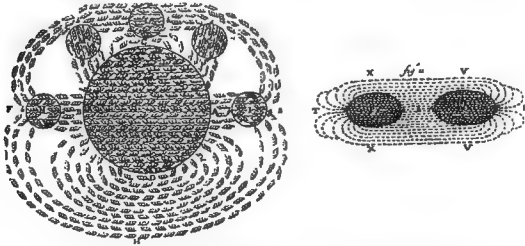
تشكل الأشكال المغناطيسية الحية أو غير الحية التي وضعها جيلبرت و Kepler أو كابو Cabco ، هذه الطوائف التي تولد حركات مغناطيسية طبيعية تشكل بالنسبة الى ديكارت أمثلة من الأوهام التي تعيق الفيزياء والتي تنأى عن غموض الأفكار في النفس والجسد وقد استبعداها هو من المغناطيسية ، كما استبعداها من أقسام أخرى من الفيزياء .

ومهما كان من امر التجاوز الحتمي في المشروع الديكاري، فقد كان هذا المشروع مفيداً للعلوم عموماً وللمغناطيسية خصوصاً .

لقد أراد ديكارت ان يبين خلو المغناطيس من الصفات الخفية التي ليس لها اي علاقة في الانسجام أو في التنافر ولا أي مفعول عجيب لا يمكن تفسيره انطلاقاً من مبادئه: أي من الضخامة والصورة والوضع والحركة. فقد أراد ان يحطم بصورة خاصة ما سوف يكون خطيراً جداً فيما بعد وهو فكرة الجلب العفن كما يردد كل الديكارتيين عن القدرات الخفية :

«إذ لا يوجد بالفعل أي جلب في هذا ولكن حالما تصبح الحديدية ضمن كرة فاعلية المغناطيس، تنتقل إليها هذه الفاعلية، من خلال اجزاء ذات قنوات، تطرد الهواء بين الاثنين بحيث يقتربان : أي ان المغناطيس والحديدية يدفعان أحدهما نحو الآخر بواسطة الهواء المجاور الذي يندفع داخل الفراغ المحفور على هذا الشكل ».

ان العلم الوضعي لم يحفظ شيئاً لا عن الاقسام ذات القنوات التي هي اشكال من اللوالب في المادة اللطيفة التي تضرب الأجسام بشكل لا يتوقف ، وليست هي كذلك مسام تمر عبرها هذه الاجزاء ذات القنوات، مرة بسهولة ومرة وهي تتعلق بجرم الجسم . ولا يتم هذا العلم بمعرفة ما اذا كانت هذه الاجزاء تتعلق بالعنصر الاول او العنصر الثاني او العنصر الثالث، هذه العناصر التي هي حركات علم نشأة الكون عند ديكارت.



(الصورة 31) الشبح المغناطيسي (الى اليمين) وخطوط تفسيرية للمغناطيسية الارضية (الى اليسار) .

ديكارت ، المبادئ الفلسفية 1644 ص 194 وص 198 .

يدرس ديكارت - او يتخيل - للمغناطيسية انطلاقاً من الظل او الشبح المغناطيسي، بعد ان قدم له احدى أولى رساماته (شبح يحدث بفعل مغناطيسين متجاورين) (شورة 31 ، إلى اليمين) وبالنسبة اليه ترسم خطوط الشبح مسار الاجزاء ذات القنوات التي تمر بالمغناطيس وتخرج منه ثم تعود اليه بعد دورة خارجية .

يوجد، حسب اعتقاده، تياران متعاكسا الاتجاه، كل واحد منها لا يستطيع الدخول في المغناطيس الا من أحد أطرافه لكي يخرج من الطرف المقابل . والمغناطيسية الأرضية (صورة 31 ، إلى اليسار) تفسر بنفس الشكل : آتيا من المناطق المطابقة في السماء ، يدخل تيار من خلال نصف الكرة الجنوبية ليخرج من نصف الكرة الشمالي ، والتيار الآخر يسلك السبيل المعاكس . ويقول آخر ، هناك بالنسبة اليه نوعان من التدفقات المغناطيسية ، تتعاكس مع بعضها البعض . ولكل من هذه التدفقات أجزاء المصلفة التي تتعاكس مع الاخرى ، وهو يجد داخل المغناطيس مجاريه الخاصة الصغيرة ذات الشكل المناسب .

ويتلقى التوجه منحى ميكانيكياً خالصاً . ان البوصلة تخضع لدفق الاجزاء المصلفة التي تقودها « بفعل القوة التي لهذه الاجزاء حتى تكمل حركتها بخط مستقيم » ، ويتلقى الميل تفسيراً مماثلاً . ولكي يتعرف ديكارت على تغيرات الانحراف، تبعاً للمكان، اعتمد حل جيلبرت . ولكنه ظن ان من واجبه ان يوضح (« لان الامر اكيد ») انه توجد مناجم مغناطيس وحديد في منطقة ما اكثر مما في اخرى، وهذا حل كان جيلبرت قد رفضه علناً . اما هو اي ديكارت . فقد عرف تغيرات الانحراف، تبعاً للزمن، وفسرها، بشكل صياني، بانها من جراء استثمار وبالتالي استفاد بعض مناجم الحديد .

واخيراً ، قطع ديكارت مع جيلبرت وكبلر، فلم يعط اي دور للمغناطيسية في حركة الارض او الكواكب ، التي اعتبرها مدفوعة باعاصيرها المكونة من مادة لطيفة .

ان التفسير الديكارتي للمغناطيسية متأثر جداً بأسلوب الفيلسوف ان الكرة الارضية، والمغناطيس ليست اشياء اخرى غير اماكن مرور يمكنها شكل مساهم (الصورة الجيومترية) من تلقى ، بأعداد كبيرة بعض انواع « الاجزاء المصلفة » التي تجتاز الكون . وبدا حب التنظيم غالباً على الاهتمام بالتجربة . ولكن الفكرة العامة في النظام ، ان لم يكن النظام نفسه سوف يقدم اطاراً للتجارب ، حتى لدى عالم بعيد عن الديكارتيه مثل هويجنس .

واستعاد الديكارتيون او كرروا افكار ديكارت .

ومع روبرت بويل Robert Boyle سقط المعتقد العظيم بشأن دور الهواء في الجذب المغناطيسي امام التجربة . لقد وضع بويل Boyle ببوصلة تحت آلة محدثة للفراغ ، وقرب مغناطيساً ذات قوة متوسطة ، فرأى ان المغناطيس يجذب او يبعد رأس الابرة وفقاً لقوانين المغناطيسية، دون ما فرق كبير مع ما كان يمكن ان يحصل لو لم يسحب الهواء من الآلة التي توجد الابرة بداخلها (اعمال ر . بويل R. Boyle ، مجلد 1) .

واذن « فالحجم المغناطيسية » الصادرة عن المغناطيس ، او « من هذا المغناطيس الكبير الذي هو الأرض ، هي التي تتدخل وحدها .

هذه الجسم يجب ان تحدث (« وهذا لا يبدو في نظري مستحيلاً على الاطلاق » كتب بويل)
تغيراً في البنية الداخلية للجسم، مما يجعله مستعداً بذاته لاحداث أثر مغناطيسي .

وترك هويجنس Huygens لنا كتاباً عن « المغناطيس » (1680)، وعدة دراسات نشرت مع هذا الكتاب في المجلد 19 من « اعمال » هـ . وككل العلماء في عصره بنى عالمه بالمبادئ : ان الأثر هو الذي ينشر الضوء؛ والمادة المغناطيسية، هي الطف من الأثر، والقوة التي تحدث الجاذبية الأرضية هي الطف ايضاً . وكما هو الحال بالنسبة الى ديكارت، يرسم الشبح المغناطيسي الدرب الذي تقطعه « مادة ما » . ولكن هويجنس لم يلتفت الى التيارين المتعاكسين . فهو يرى انه لا يوجد الا تيار واحد لم يجد اتجاهه . واقترح بشأن الاتجاه الذي يأخذه مغناطيس بالنسبة الى الارض او الى مغناطيسات اخرى مجاوة، التفسير التالي :

« يجب ان نعرف ان الحركة الدائرية لمادة اي اعصار، لما كانت سريعة جداً ، فان وجدت في طريقها مغناطيساً آخر، فانها تفتح ممراً لها، ان استطاعت، من خلال مسامه . . . فاذا كانت المسام في المغناطيس الملتقى منحرفة . . . وبالتالي فانها تحول عن حركتها الدائرية، وتبذل بالطبع جهداً لكي تختصر هذه الدورة، وبالتالي، اذا كان المغناطيس الملتقي، حر الحركة، فانها تصفه وتوجهه بحيث تكون مسامه موازية لاعصارها » .

يقول ي . بوير E. Bauer « يطبق هويجنس، بالفرصة اجمالاً، عل المادة المغناطيسية مبدأ المسار الأدنى، المشابه لمبدأ فرمات Fermat في الضوء . . . اما الجاذبية، فان سببها اصله ميكانيكي، كما هو الحال لدى ديكارت . ولكن هويجنس يقرن المبادئ بالتجربة لكي ينكر كل دور يلعبه الهواء في الظاهرة . » إنه نفس مبدأ المسار الأدنى الذي يتيح توضيح تفصيل الانجذابات والتنافرات بين القطبين « (ي . بوير E. Bauer) .

نرى، في نهاية هذا العرض، ان حركة الفكر المنبثقة عن عمل جيلبرت ادت الى توضيح لمفاهيم المغناطيسية :

(أ) توضحت وظيفة المغناطيسية: ان القوة المغناطيسية ليست القوة الكونية التي اليها يرد جيلبرت وكبلر تفسير ظاهرات علم الفلك والجاذبية الكونية؛ واذا فمجال المغناطيسية محدد جداً .

(ب) ليس في المغناطيسية شيء خفي، انها طبيعية لا بالمعنى التجسد المادي (Hyléomorphique) بل بالمعنى الميكانيكي للكلمة :

(ج) يوجد اخيراً مجمل مهم من المعارف الوضعية الاساسية .

3 - فشل القرن 17 في إدخال القياس في المغناطيسية

منذ عصر النهضة، أصبح الاهتمام بالقياس، موجوداً في المغناطيسية . فالإبحار، وتحديد

لخطوط الطول وخطوط العرض كانا يتطلبان ادخال القياس . ولكن « البحوث حول أفضل السبل من أجل صنع الابر المغناطيسية » تقتضي هي أيضاً الاطلاع على العناصر الكمية .

يحتاج الفن الى قواعد والى نتائج عديدة لكي يحدد الأشكال، والابعاد، والاجرام الأكثر ملاءمة لاعطائها للبوصلات كي تعطي العلامات الأكثر وضوحاً ، والأكثر امانة ، والأكثر صوتية ، دلالة على الاتجاه ، رغم الاحتكاكات الميكانيكية ، ومقاومة الهواء ، والانحراف والميل وتغيراتها .

وحدها المعارف النظرية الاساسية يمكن ان ترضى مثل هذه الاحتياجات، نظراً لان جهود الحرفيين والتلمسات التجريبية اعجز من ان تقوم بالمهمة .

وقد عكف جيلبرت Gilbert وكابو Cabeo وتلامذته على هذه المسائل وحاولوا ان يحددوا توزع الطاقة المغناطيسية ضمن الجرم وفوق سطح المغناطيس، ثم قياس تغير القوة المغناطيسية مع المسافة. ولكن جهودهم باءت بالفشل. ولكن مجيء نظريات نيوتن اتاحت، على ما يبدو، العودة الى هذه الدراسات على اسس جديدة، تم الانتهاء بها الى احسن النتائج . وقدمت مفاهيم نيوتن، بهذا الشأن، الحل الأبسط، وتاريخياً الحل الوحيد الممكن لهذه المسائل. اذ كان لا بد من مرور قرن من اجل تكوين نظرية نيوتنية حول المغناطيسية، قرن استلهمت خلاله البحوث الرياضية ومحاولات القياس التي سوف تتكاثر، من المبادئ النظرية المختلفة: نظريات الهيدروديناميك Hydrodynamique، مدعومة Sous - tendus بالمفاهيم الاعصارية التي قال بها ديكارت. وكان هذا الوضع غريباً فريداً. بمقدار ما تلقت الافكار الديكارتية تراجعاً عاماً امام النجاح المتزايد في افكار نيوتن. واذا كانت افكار ديكارت قد استمرت تفرض نفسها في المغناطيسية، فذلك بسبب صعوبة « تصور قوى جذب يمكنها ان توجه مغناطيساً بدون ان تجذبه ». قلنا ان روبرت نورمان Robert Norman بين ان النقطة التي تنجبه نحوها البوصلة، لا تجذبها، بل توجهها، وسمى هذه النقطة: بانها نقطة التوجيه. وفهم جيلبرت الاثرين الجذبي والتوجيهي في المغناطيس، باعتبارهما متمايزين من حيث الطبيعة. وبين ان كرة مفعول المغناطيس التوجيهي، تمتد اكثر من كرة الاثر الجذبي.

ووجد كابو Cabeo هذين النوعين من العمل واعتبر بان الاثر الاول والاساسي هو الاثر التوجيهي. واعتبر الجذب فقط كمفعول « عرضي » للمفعول الجذبي. وعلى هذا الاساس اشتغل ليكانيكيون واعصارا فهم تعبر عن هذه الافضلية او الاولوية التي يرتديها التوجيه بالنسبة الى الجذب.

وكان لا بد، من اجل تكوين نظرية جذبية للمغناطيس، قلب الترتاب، واعطاء الاولوية للجذب على التوجيه. وهذا يقتضي، امكان شرح الحركة التوجيهية للبوصلة انطلاقاً من جذبات لا تنتج الا حركات ثقالية. ويعود الفضل الى أيبينوس Aepinus (1757) في هذا التبين.

فعن بعد بعيد يكون مفعول المغناطيس « مزجداً » : ان الابة الممنطة تخضع عندئذ الى « مزدوج » من القوى الجاذبة والدافعة تفرض عليها اتجاهها ، ولكنها لا تستطيع ان تفرض عليها انتقالاً .

على اثر مثل هذا التفسير، تغيرت مفاهيم القطبين المغناطيسيين : فلم يعد القطبان عموماً، طرفي الابرّة، بل نقطتي تطبيق قوى المزدوج الناتج الذي يخضع له المغناطيس في حقل متساوٍ، او- فيما يخص الآثار الحادثة بفعل هذا المغناطيس من مسافة بعيدة - إنها المركزان المتوسطان في الاجرام المغناطيسية الايجابية أو السلبية . هنا أصبحت أعمال كولومب Coulomb ممكنة البدء .

II - ما قدمه القرن السابع عشر في مجال الكهرباء

حتى دخول القرن 17، لم يعرف عن الكهرباء أكثر مما كان الاغريق يعرفون عنها في ايام طاليس Thalès : اي خصائص الكهرمان Ambre المحضوف الذي يجذب الاجسام الخفيفة . وكان الناس يخلطون في اغلب الاحيان بين الجذب الكهربائي والجذب المغناطيسي .

ومع ذلك فإن بعض المؤلفين، مثل جيروم كاردان Jérôme Cardan (في اللطائف Subtilitates) (1551) حاولوا ان يميزوا بين فئتي الظواهر .

كتب يقول : « ان جذب المغناطيس وجذب الكهرمان (Succin, ambre) ليس لهما نفس السبب . لان الكهرمان يجذب كل شيء خفيف اما المغناطيس فيجذب الحديد فقط . ان الكهرمان لا يحرك القشة، عبر جسم يحجب بينهما، اما المغناطيس فيفعل . والكهرمان غير مجذوب عكساً بالقشة ، اما المغناطيس فيجذبه الحديد . والقشة لا تنجبه الى وجهة بفعل الكهرمان، اما الحديد فيوجه نحو الشمال والجنوب بفعل ملازمة المغناطيس . . » .

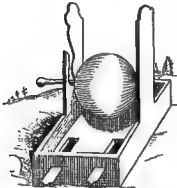
ولكن وليام جيلبرت William Gilbert هو الذي ميز بوضوح بين الكهرباء والمغناطيس، تمييزاً ظل بعد ذلك مستقراً في العلم . ثم ان الكهرمان ليس هو الجسم الوحيد الذي يمكن ان يتكهرب، برأي جيلبرت . ان اَشْشافه الرئيسي مكنه من اختراعه لأول الكترولوسكوب .

« اصنع بنفسك ابرة متحركة، من اي معدن كان، بطول ثلاثة او اربعة اصابع، خفيفة على عورها مثل البوصلة . من رأس هذه الابرّة قرب قطعة كهرمان او اي شبه معدن محكوك قليلاً، لماعاً ومصقولاً، وفي الحال تنحرف الابرّة » .

وبعدما ميز جيلبرت بين الاجسام فقسّمها الى اجسام « كهربائية » واجسام « غير كهربائية » . ان الجذب الكهربائي بالنسبة اليه، يختلف في طبيعته عن الجذب المغناطيسي . ان هذا الاخير يعود الى « نوع » الجسم اما الجذب الكهربائي فيعود الى « مادة » الجسم المكهرب، والتفسير الذي يقدمه تفسير غريب ولكنه يميّز ذلك العصر . كل الأجسام تنزع الى الوحدة : ان التصّعدات المثارة بفعل الحك تحرّ الاقذية نحو الجسم المتكهرب ، عند عودتها اليه . انها ظاهرة شعرية فعلية ويشبهها جيلبرت بجذب الأجسام الصغيرة الموضوعة على سطح الماء .

ولكي يفسر ديكارت الجذب الكهربائي، فانه يستبعد تفسير جيلبرت بواسطة الشعيرية

Capillarité ولكن طريقته ليست افضل . ان المادة اللطيفة التي تنفذ في الجسم الكهربائي تخلق فيه نوعاً من الشُرططات ان السبب هو في أنه عند حك الزجاج بقوة ، حتى يسخن قليلاً ، تطرد هذه الشريطات خارج مسامه بفعل هذا الحك ، والتي تضطر الى الذهاب نحو الهواء ونحو الجسيمات الأخرى المجاورة ، حيث لا تجد مسامات تستقبلها ، فترتدّ حالاً الى الزجاج ، وترد معها القش من الأجسام الصغيرة حتى تلامس المسامات في الزجاج .



صورة 32.. آلة أوتو غريك الكهربائية .
(أ. فون غريك اكسبريمانتا نوفا ،
ماغنيدوبو ، 1672 ، ص 148 ، صورة V)

لقد حقق روبريول ، في الكهرباء بعض التجارب المهمة التي أتاحت ، بشكل خاص ، ولأول مرة ، تناظر Reciprocity الجاذبيات الكهربائية ، ذلك أن الجسمين المحكومين أحدهما بالآخر ، يتجاذبان بالتناظر (دوجات) . أما بشأن تفسير الظاهرة ، فقد أبدى نفس الحذر كما في موضوع التدفقات Effluves المغناطيسية . لقد أخذ عن نظريات كابو ، وديجي ، وغامندي ، وديكارب (وقد بدت له مؤسسة على الخطأ) ، إلا أنه هو ظل انتقائياً Eclectique ، منذ اللحظة التي شرع فيها باختبار فرضية ميكانيكية ، بفعل « انبثاق مادي لجسم جاذب » ، متناسياً الفيزياء القديمة القائمة على النوصة .

وربما استطاعت الدجرباء بفضل « التجارب الجديدة » (اكسبريمانتا نوفا Experimenta nova ، 1672) ، وهو كتاب وضعه اوتو غريك Otto de Guericke ، ان تخطو خطوة جبرية . فقد صنع هذا المؤلف اول آلة كهربائية في « الكهرباء الستاتيكية » ، كتلة من الكبريت « بحجم رأس ولد » ، تحك باليد ، او تثبت فوق محور يدور بها . ووضع تحت المحركات (Rognures) وريقات مختلفة الاشكال ، من الذهب والفضة والورق ، ومختلف البقايا ، تم بعد لمس الكرة بيد ناشفة جداً ، يجري حكها بدورتين او ثلاث دورات او اكثر (صورة 32) . وبضربة واحدة ، من خلال سلسلة من الملاحظات قام بسلسلة كاملة من الاكتشافات الرئيسية « (ي. بوير) E. Bauer . ولم يكن اوتو غريك الا ليلاحظ النتائج الحاصلة اثناء التجارب العرضية ، دون ان يجرب تحريك المتقصد المادف الى بحث محدد .

وهكذا لاحظ ان الكرة « جذبت كل هذه البقايا ، واخذتها معها في دورانها . . ان هذه الكرة لم تجذب فقط بل ايضاً دفعت قويا بعد الاجسام الصغيرة . . ولم تعد تجذبها من جديد ما لم تكن قد لامست جسماً آخر . . الخ » .

ولكن للاسف ، اذا كان اوتو غريك Otto de Guericke قد وصف بدقة كل هذه الملاحظات ، وغيرها من الملاحظات المتعلقة بالظواهرات الكهربائية المهمة جداً ، إلا إنه لم يضع حولها اية نظرية . ولم

يشكل أي مفهوم أساسي من مفاهيم الكهرباء ، التي صاغها غراي Gray و دوفاي Dufay ، بعد حوالي خمسين سنة ، انطلاقاً من نفس الأحداث .

هذا العرض السريع لمعارف القرن 17 في الكهرباء يدل كم كان انتاج هذا القرن، في هذا المجال، بدائياً. ان الكهرباء لم تعد، ابداً ، ظاهرة فريدة واستثنائية، ولكنها لم تكن الا موضوع دراسات تجريبية .

الفصل السادس : كيمياء المبادئ

I - بحثاً عن مبدأ كوني

استمدت افكار بارسلس Paracelse حول الجوهر البعيد للمادة (Quintessence) ثم شرحت من قبل كل كيميائي القرن 17 تقريباً . وهكذا سرعان ما تحولت بسرعة وادت الى فكرة عامل كوني، مسؤول عن كل التفاعلات الكيميائية . وجوهر تاريخ الكيمياء في القرن 17 يكمن في هذا التطور .

وان تفحصنا عن قرب كل النظريات التي ظهرت قبل ستاهل Stahl، فلا نستطيع الا ان نتأثر باختلاف ونشتت المفاهيم المتكونة . ان المبادئ الثلاثة الباشرة التي اوردها باراسلس Paracelse قد وجدت لنفسها مكاناً الى جانب العناصر المأخوذة عن المشائين Peripatéticiens . ولكن، فضلاً عن ذلك، ان مفهوم الجوهر Quintessence كان مهيمناً على كل شيء ، دون ان يجد له مبرراً في أي من النظامين .

وفيها بعد تغيرت طبيعة ووظيفة الجوهر انما دون ان تتأثر المفاهيم الاخرى الباقية .

ان الجوهر كان في الاساس مكوناً بعيداً للمعادن . فكل معدن له جوهره الخاص، ولكن التطور الطبيعي للمعادن يؤهلها جميعاً لتصبح ذهباً . وكان الكيميائيون الباراسلسيون، يقولون ذاتياً، وموضوعياً بوجود مكون كوني شامل للمادة، على الاقل كنهاية مطاف .

ويبدو ان وجود كائن كيميائي كوني قد سيطر على فكر الكيميائيين حتى ستاهل Stahl هذا الكائن بدا اولاً مكوناً نهائياً، ثم نراه قد ازدوج مع عامل مسؤول عن تحويل المظاهر الفيزيائية للاجسام . وفي النهاية يندمج هذان الموجودان وينتلفئان تاركين المجال امام مبدأ كوني من التفاعلات الكيميائية .

فان هلمونت Helmont والتجريب - كان جان باتيست فان هلمونت Jean - Baptiste (1644 - 1777) Van Helmont اول كيميائي اطلق هذا التطور في الافكار . بعد دراسات في جامعة لوفان Louvain، وبعد عدة سنوات من السفر، استقر فان هلمونت Van Helmont في منطقة قرية

من بروكسل هي فيلفورد ، حيث كرس نفسه طيلة بقية حياته لبحوث في الكيمياء وعلم الألعاب النارية والطب . وقد مارس الطب لغايات احسانية . ونشر عدة كتب في الطب ، وخصص واحداً منها للمغنطيسية الحيوانية . وقد جر عليه هذا الكتاب الحكم من « المكتب المقدس » Saint-Office .

وفي العديد من هذه الكتب عالج الكيمياء . ثم جمع تصوراته المختلفة في كتاب صدر بعد موته « اورتوس ميليسينا » الذي صدرت اول طبعة منه سنة 1648 . واعيد طبع الكتاب عدة مرات . ثم ترجم الى الفرنسية والى الانكليزية ، وقرأه جميع الكيميائيين في القرن 17 .

كان فان هلمونت Van Helmont مجرباً ومفكراً ، وعلم شكلاً جديداً في النظر الى مسائل الكيمياء ، ولكن يبدو جيداً ان اهمية اسلوبه التجريبي قد بولخ في تقديرها . واذا كانت نظريته قد ارتكزت على ملاحظات جيدة العناية ، الا انه لم يقدم نموذج طريقة دقيقة . ان مبادئ مثل هذه الطريقة قد لاقت صعوبات كثيرة لكي تدخل في مجال البحث الكيميائي . واذا كان كيميائيو القرن 17 قد مارسوا ، باكراً ، الملاحظة النوعية للظواهر ، ويشكل مرض ، الا انهم لم يعرفوا ممارسة الملاحظة الكمية . ان تجارب فان هلمونت ، وفيها بعد ، تجارب روبرت بويل كانت مشوبة بهذا الشأن بتغيرات خطيرة .

وال تجربة الاشهر عند فان هلمونت هي تجربة تنمية نبتة صغيرة من الصنصاف عزاها الى ماء المطر ، حيث ظل يسقيها منه طيلة خمس سنوات⁽¹⁾ . وقد راقب طويلاً تفاعلات تكلس المعادن والأملاح ، وخاصة ملح البارود Salpêtre ، واحتراق الفحم والكبريت ، والتخمير . من هذه الأعمال خرجت فلسفة شخصية حول المادة .

الماء مبدأ مادي - هذه النظرية ترفض العناصر الاربعة المشائية ، كما ترفض العناصر الخمسة الباراسلمية . كان فان هلمونت مدفوعاً بفكر ديني عميق ، فلم يستطع تقبل تعاليم الفلاسفة الوثنيين من العصور القديمة فضلاً عن ذلك ان وجود العناصر الاربعة الاساسية كانت تكذيبه التجربة . فالنار مثلاً لا يمكن ان تعتبر كعنصر بذاته ، بل كعامل تغيير . والدخان هو غاز كاللهب . وهذا الاخير يولد ويزول ، وليس له صفة الجسمية اطلاقاً .

وتأمله في حكايات سفر التكوين حمله على الملاحظة بان الماء يلعب فيها دوراً مهماً . ولذا فقد اسند الى الماء وظيفة المبدأ المادي لكل الاشياء . ومثل الصفصافة يبين كيف حاول ان يفسر به هذا الرأي عن طريق التجربة . وكان يقن انه بهذا يقدم الدليل التجريبي على ان الماء يتحول الى خشب ، ثم بعد الحرق يصبح فيها بعد رماداً تريبياً . وعرف للماء خاصية التكثف الذاتي ، ثم التحول الى اجسام وازنة مثل المعادن . هذه التحولات تتم بتأثير من عوامل ناشطة ، مثل الروح Seminal في المعادن . هذه الروح او المبدأ Seminal ليست ابتداءً من الطبيب الفلمنكي . فذكر هذا المبدأ ورد في النصوص

(1) انظر الفصل 4 من الكتاب 2 ، من القسم الثاني .

القديمة ، وقد استعمله بصورة خاصة باراسلس Paracelse الذي جعله داخلاً في عملية التطور الطبيعي في المعادن .

الالكاهست L'Alcahest - هذا المفهوم اشاد به فان هلمونت Van Helmont الذي انشأ عاملاً كونياً « الكاهست » L'alcahest . والنصوص الغامضة قليلاً لمؤلفه ترحي بأنه احتفظ لنفسه بكمية صغيرة من هذا المذيب الكوني، دون ان يؤكد على ذلك . ولم يحتفظ منه لمدة طويلة كافية لكي ينقل عليه كل تجاربه .

وقد ولدت فضائل الالكاهست اعتراضاً مبطلاً تحت قلم بعض المعلقين . فإذا كانت المعادن كلها تذوب بفعوله، فمن المفروض ان تذوب القنينة التي محتويه . وإذا فهو غير قابل للمسك، ولهذا لم يستطع فان هلمونت ان يحتفظ بجزء منه في تصرفه . وان هو لم يعرفه، فان قوة تأكيداته سوف تضعف وتوهن . وإذا كان بعض الكتاب امثال غلوبر Glaubert وبيشر Becher قد تجاوزوا هذا الاعتراض فان غالبية الآخرين قد وقفوا متحفظين تجاه الالكاهست . وبعضهم، مثل غلازر Glaser، يذكرونه ولكنهم ينفون معالجتهم له ، وآخرون مجرد وجوده . يقول اتمولر Ettmuller بشأنه : انه غراب ابيض، الا ان القلة من العلماء اعتقدت بانها لا يمكن ان تسمح لنفسها باغفال ذكره تماماً .

« الغاز » ، روح سلفستر - Sylvestre - في كتابات فان هلمونت Van Helmont يوجد ايضاً مفهوم عرف طريقه الى الشيوخ فيما بعد هو مفهوم « الغاز » . والكلمة هي من صنع الطبيب القلمنكي بالذات . فهو قد صاغها كما صاغ كلمة « الكاهست » ، من أصل مجهول، واصبحت مألوقة في اسماع وفي انتظار معاصريه لانها تشير الى الكلمة الالمانية التي تعني « الروح » . وهكذا اعتمدت من قبل الجميع . وقد سبق ان اوضحنا اعلاه المعنى المحدد جداً الذي اعطى لها يومئذ .

واستعمل فان هلمونت نفسه كلمة « روح » لكي يعرف الغاز انها روح متوحشة، لا يمكن تكتيفها . ولا يمكننا التأكيد بأنه عرف وجود عدة غازات . ويبدو، بصورة أولى، ان كل الاجسام الهوائية الشكل المنتشرة في الهواء قد اعتبرت كغاز واحد، له خصائص متنوعة تختلف باختلاف الظروف .

والغاز قد يكون قابلاً للاشتعال، ولكن المقصود عند فان هلمونت هو غاز آخر يختلف عن الهيدروجين الذي نعرفه نحن . اذ معه وجدت غازات اخرى، كالتي تحصل بفعل تقطير المواد النباتية - هي ايضاً قابلة للاشتعال . ويحدث « الغاز » ايضاً بفعل التخمر، ويفعل الحوامض على الكاربونات ويفعل تفكك الاملاح بالحرارة . كل هذه التشكيلة تبدو مخلوطة مع موجود وسيد يتكون من الماء . فبخار الماء المكتف يعطي الماء ، ونلاحظ وجود تكتيف لزج في أغلبية التفاعلات التي تسبب بولادة الغاز .

ثم ان الغاز لا يمكن ان يلتبس مع الهواء . فهذا الاخير يبقى في نظر فان هلمونت احد العناصر التي لا يمكن ضغطها . الوحيد الى جانب المياه، ولكنه لا يدخل كالماء في تركيب المادة . والهواء غير قابل

للتحويل إلى ماء ، وكذلك الماء لا يتحول إلى هواء ، وتكتشف بخار الماء يدل على ذلك ، لأننا نجد الهواء من جهة والماء السائل من جهة أخرى. ولكن الهواء يمكن أن يتحول أن التحد مع المواد المتغيرة ليعطي « الغاز ». ولكن عندما يتلفب الغاز يظل غير متغير. ولكن بخلاف فكرة كانت محسوسة منذ زمن بعيد ، فإن لم تكن مصاعغة ، وقد فرضت نفسها ببطء بخلاف القرن 17 ، فإن فان هلمونت لم ير ، على ما يبدو ، أن الهواء يدخل ، بأي حال ، في تفاعلات الاحتراق والتأكسد ، ولا يلعب أي دور في التنفس .

وهو لا يتحد الا مع العناصر ذات الشكل الهوائي . ورغم ما فيه من ثغرات ، يعتبر التفريق الذي اقره فان هلمونت بين الهواء والغاز ، مهماً لأنه صيغ لأول مرة فقد بقي الهواء حتى ذلك الحين العنصر الغازي الوحيد ، وكانت استقلاليته مطلقة . وكان فان هلمونت اول من شكك في هذا المبدأ .

الا ان هذه الفكرة لم تأخذ انتباه شراحه . وبدت وكأنها لم تؤثر إطلاقاً في مفاهيم الكيميائيين في القرن السابع عشر . وهذا يعود بدون شك إلى كون هؤلاء ومعهم فان هلمونت لم يكونوا يعرفون الوسيلة في الحصول على الغازات والتعامل معها . إذ لم تعرف هذه التقنية إلا في وقت متأخر . وبعد ذلك بقليل ضايق نظرية السائل الناري الكيميائيين عندما حاولوا أن يستخرجوا من ملاحظاتهم الأولى حول الغازات ما يمكن أن توحي به من استنتاجات .

كيمياء الاملاح - اعتمدت افكار فان هلمونت Van Helmont بشكل متفاوت وبعضها مثل نظرية الغاز كان بعيداً جداً عن افكار العصر ، فلم يأخذ مكاناً في فكر الكيميائيين . وبعضها الآخر مثل افكار الكاهست « Alcahest » ، اصطلم بتحفظ واع ، ولكنه كان قريباً جداً من التصور التقليدي بحيث لم يكن الا ليؤثر تأثيراً عميقاً في الاعمال وفي النظريات المستقبلية . فالكاهست كان هدف الكثيرين . ولكن القول بوجود مبدأ عنصر مكون شامل وجد تأييداً كبيراً . ويبدو انه لم يوجد كيميائي او طبيب او فيلسوف قد عاد إلى فكرة ان الماء يمكن ان يكون هذا العنصر الاساسي ، والجميع فضل البحث عن هذا العنصر من بين الاجسام ذات التفاعل الاكثر حدة والمعروفة بشكل افضل ، وان تكن خصائصها ليست مفسرة الا تفسيراً غامضاً . ولهذا كانت الاملاح اهم غايات التجريب . وإلى حد ما لعبت كيمياء الاملاح في القرن السابع عشر نفس الدور الذي لعبته كيمياء المعادن في القرن الماضي وكيمياء السلفورات في القرون الوسطى .

وانطلقت تأملات الكيميائيين من تفاعلات انفجار البارود الاسود او السالتر عند ملاستها جسماً قابلاً للاشتعال . ونظراً لقوته الحادة على الانفجار اعتبر ملح البارود الابيض (نيتر) كعامل شامل مسؤول ليس فقط عن التفاعلات الكيميائية بل وايضاً عن العديد من الظواهر الاخرى الطبيعية التي لها بعض الشبه مع بعض خصائص النيتر ، حتى ولو لم تكن هذه الظواهر على اتصال فيما بينها . وفسر هذا التطور ، جزئياً ، بكون البحث الكيميائي كان يومئذ محصوراً تقريباً بالأطباء ، وتضافرت تأثيرات اخرى لا يبرز تصورات نظرية تبلو غامضة ومشته . ولكنها اخذت تبلو اليوم ذات رابط فيما بينها .

اهملت غالبية مؤرخي العلوم هذه المرحلة في الكيمياء ، ربما لأنهم نشوا او صدموا بالصفة

الصينانية (في نظر القارئ المصري فقط) المتجلية في البحوث النظرية التي كانت شائعة في ادب القرن السابع عشر. ومع ذلك فاذا تجاوزنا هذا الموقف المتحاز، وحاولنا فهم روح هذه النصوص وفقاً لاسلوب معاصريها، امكننا امساك الحجيح التي قامت عليها امثال هذه المفاهيم. وهذه المفاهيم تصبح اقل بعداً عن العقلانية ان ربطت بمواضيع اعم حول الملاحظة وحول التفسير. فقد اوضحت عدة دراسات حديثة قام بها بصورة خاصة د. مكي D. Mckie، وج. ر. بارتيتون J.R. Partington، وهانري غريلاك Henry Grilac، وماري هال بوا Marie Hall – Boas، موقفاً جديداً في معرفتنا لكيمياء القرن السابع عشر، واتاحت هذه الدراسات فيها افضل لتطور الافكار الذي ادى الى وضع اولى النظريات حول الاحتراق.

النتر او ملح البارود الابيض في النظريات الكيميائية - لقد تعجب المؤرخون في بادىء الامر. من قيام مؤلفين امثال جون مايو John Mayow (1641 – 1679) وروبر هوك Robert Hooke (1635 – 1703) بتسمية، مبدأ الاحتراق والتنفس باسم النتر الهوائي. وهذه التسمية تنم عن التباس عميق. في حين ان مايو Mayow اعتبر سلفاً عبقرياً للافوازيه، بعد ان اعتبر طيلة أكثر من قرن مجهولاً. واليوم نستطيع توضيح أهمية التسمية.

ان كلمة نتر Nitre وردت على قلم مايو Mayow لانه كان مستعملاً في مجالات كثيرة تقريباً منذ بداية القرن السابع عشر. ان خصائص النتر كانت معروفة تماماً. فقد استخدمت في الالعب النارية وصناعة المتفجرات كما استخدمت في الزراعة. واقران قوة النتر كسماد وقوته كمتفجر كان في اساس الفكرة القائلة بوجود نوع من النتر في الهواء هو سبب الصواعق والبرق، كما ان قدرته التخفيفية تظهر في المطر وفي الثلج. فضلاً عن ذلك يبدو ان الكيميائي والفيزيائي الهولندي كورنيليس دريبيل Cornelis Drebbel نجح في اعداد غاز ينشط التنفس، وهو الاوكسجين، عن طريق تحليل وتفكيك النتر. وقد دلل على الاقل انه يستطيع بهذا الاسلوب جعل جو الباخرة الخواصة قابلاً لان يعاش به. وذكر بويل Boyle هذا الحدث سنة 1660 عندما عرض افكاره حول التنفس. ودون ان نستطيع توضيح الظروف بصورة ادق، اصبح النتر عنصراً كونيّاً. حتى قال ن. لوفيفر: «الشمس هي التي تولد النتر».

وقد لاحظ الاطباء والكيميائيون من زمن بعيد ان وجود الهواء ضروري من اجل التنفس والاشتعال. هذه الفكرة التي وردت بدون ايهام في نصوص من مطلع القرن السابع عشر، وقد استعبدت كثيراً، كانت قسماً من ارث مشترك غير مجادل به منذ زمن بعيد. واعطاهما روبر بويل Robert Boyle (1627 – 1691) وضوحاً اكبر. وخلال البحوث التي اجراها بواسطة المضخة الهوائية الماصة التي ابتكرها وصنعها بمساعدة هوك، لاحظ ان جسماً شديد الاشتعال مثل الكبريت لا يلتهب في الفراغ، في حين ان الجسم المشتعل يتطفئ فيه وان الحيوان لا يعيش طويلاً بدون هواء.

لاحظ اوتو غريك Otto de Guericke ان الجسم المشتعل يتطفئ داخل غرفة مغلقة. وقد وصفت تجاربه من قبل اليسوعي كاسبار سكوت Kaspar Schott سنة 1657، ويبدأ بويل Boyle

بحوثه الخاصة منذ السنة التالية وعاد إليها بعدة مناسبات. وخلال السنوات التي تلت اهتم عدة مؤلفين بهذه التجارب وقدموا عنها شروحات بيّنت، بشكل وبآخر أهمية وجود الهواء. وتكلم هوك عن هذه الظواهرات في مداخلات عدة وفي كتابه ميكروغرافيا المنشور سنة 1665، وقدم جون مايو John Mayow اول نظرية حول التنفس سنة 1668 في كتاب سماه تراكتاتوس ديو Tractatus Duo خصص القسم الاول منه لهذا الموضوع ثم عرض وجهات نظره حول التنفس والاشتعال سنة 1674 في كتاب اسمه تراكتاتوس كينك Tractatus quinque . . .

وقد ادخل اكثر هؤلاء الكتاب عاملاً خاصاً موجوداً في الهواء شبهوه بالنيتروجين: وسماه بويل Boyle النيتروجين الطيار. واعتبره هوك Hooke كمادة تشبه المادة الموجودة في الساليتير او ملح البارود، ان لم يعتبره نفس المادة. واخيراً قال مايو Mayow ان الهواء يتضمن جزيئات نيتروجينية هوائية. وسوف نعود الى هذه النظريات. اما الان فتابع تشكل وتطور هذه الفكرة فكرة العنصر المنتشر كونياً والمسؤول عن كل التفاعلات.

وفي نظر الكيميائيين في الحقبة الواقعة بين 1660 و1675 تقريباً لم يعد النيتروجين الموجود في الهواء « غازاً » بالمعنى الذي فهمه فان هلمونت Van Helmont بل ملحاً. لا شك ان القصد لم يكن جسماً ملحياً بالمعنى الصحيح بل اثراً ذا طبيعة ملحية يستخرج من اصل يسميه باراسلس Paracelse ملحاً. وكان الطبيب الالماني إيتمولر Ettmuller يعرف في تلك الحقبة ملحاً « منتشرأ في تكوين العالم عبر الكون يسمى بالعامية روح الكون عندما يختلط في الهواء ». ويضيف: « ان الملح الكوني يولد في مختلف اصول الاشياء ملحاً خاصاً له شكلان او نوعان: الاسيد او الحامض ثم القلوي ».

التضاد بين الحامض والقلوي - هذه الفكرة تتوافق تماماً مع الافكار التي كانت مقبولة عموماً. ويجب ان لا يبرز بسرعة التناقض الظاهر في العامل الفريد الذي يفتش عنه كل الكيميائيين، وبين ثنائية الحامض والقلوي. يقول إيتمولر Ettmuller بصراحة ان الاخيرين يولدهما الكيميائيون وكل واحد منهم يوقع بصراحة على توكيدات. فالملح الذي كان يمكن ان يكون عاملاً سلبياً يصبح خميصة ناشطة بفضل التضاد بين الحامض والقلوي.

والمكانة التي احتلها هذا التضاد في نظريات آخر القرن السابع عشر، تتميز بالفكر الكيميائي السائد في ذلك الحين. وعملية التحديد او التعطيل، الذي نتحدث احياناً مقرونه بالفوران، مع تصاعد حراري دائماً، هذه التفاعلية توجي بصور عن معركة وعن تدخل متبادل وهذه الصور تتوافق تماماً مع التفسيرات الميكانيكية لظواهر طبيعية سادت بعد موت ديكارت.

يعزى عموماً الى نيكولا ليميري Nicolas Lémery (1715-1645) ابوة هذه التفسيرات التي في الواقع نجدها عند الكثيرين من المؤلفين الذين سبقوا هذا الاساذ الشهير.

في كتاب لكريستوف غلازر Christophe Glaser اسمه كتاب الكيمياء، كتبه سنة 1663، يصف هذا المؤلف مختلف العمليات التي تتيح « فتح المختلطات »، وبقية الكتب في نفس الحقبة كتبت:

بنفس العقلية . فقد نشر كيميائيون كثيرون دراسات صغيرة مخصصة بالحامض وبالقوى . وفي سنة 1672 قام طبيب من كين اسمه سان أندري Saint André يؤكد ان المبادئ الثلاثة الباراسلسلية كانت متكونة من مبادئ اخرين أبسطها الملح الاسيد والملاح الحد او القلوي . يقول : « الملح الحد هو جسم بسيط ناعم الصورة يتخمر مع القلويات ويشكل روح كل المركبات . والملاح الحد هو ملح بسيط مجوف يتخمر مع الاسيد (الحوامض) ، وترسب منه الفيتريول او سلفات الحديد في الماء » .

وفسر ظاهرة التحديد او التعطيل كما يلي : « ان حبيبات الحوامض تشبه في كبرها وفي صورتها ثقوب القلويات فتملأها تماماً بحيث ان اي حامض جليد لا يجد فيها اية مساماة فارغة تستطيع ان توقف حركته . وعندئذ يعمل هذا الحامض بقوة وعنف بحيث يستبعد الاجزاء المنندجة في هذه الاجسام بعضها ببعض . فيدفع بعضها الى جهة ، وبعضها الاخر الى جهة اخرى . ولا يتوقف عن تحريكها وعن خضها الا اذا فصل عنها » .

كل وصف هذا المؤلف يرتكز على مثل هذه البراهين . وربما كانت هذه خاصة به . الا ان الكثير من زملائه اوردوا شبيهات لهذا الوصف في نفس الحقبة . ولم يكن ليميري Lémery ، الذي نشر كتابه عن الكيمياء الاول مرة سنة 1675 ، هو مؤلفه ، كما انه لم يكن اول كيميائي يعلم ويكتب بالفرنسية .

كتب الكيمياء - ان الالهية التاريخية التي تسند بوجه عام الى ليميري Lémery مبالغ فيها . وترتكز هذه الالهية على المديح الذي خصه به فونتانييل Fontenelle . فقد عمد هذا المؤرخ الشهير في الاكاديمية الفرنسية الى الاشادة بذكر ليميري Lémery ، واسند اليه كل الموضوع الذي دخل على الكيمياء في تلك الحقبة . وقد قارن كتاباته بسهولة الواضحة باللغة غير المفهومة عند غلازر Glaser . وقد اعتمد ج . ب . دumas J.B.Dumas بعد قرن من الزمن حكم فونتانييل Fontenelle دون تمحيص وثبوت .

والواقع ان كتب الكيمياء والمحاضرات التي نشرت قبل ليميري Lémery هي ايضاً واضحة وكاملة مثل كتبه ، وخاصة على الاقل كتب النصف الثاني من القرن . وكانت هذه الكتب كثيرة العدد . وكانت الصفة العملية الغالبة في الكيمياء التطبيقية والطبقة على الطب وعمل الصيدلة ، تجعل من هذه الكتب مواضيع سهلة البيع والقليل منها لم يعد طبعه عدة مرات ولم يترجم الى لغة اجنبية . واحد اقدم هذه الكتب حرر حوالي (1610 - 1612) من قبل جان بيغين Jean Béguin ، مرشد الملك . وقد ترجم عن اللاتينية وعدل به قبل موته ونشر سنة 1615 باسم عناصر الكيمياء . وفيه عرف بيغين الكيمياء بانها فن تحضير الادوية بحيث تكون اطيب مذاقاً وأكثر شفاءً وأقل خطراً .

واعطى باراسلس Paracelse نفسه للكيمياء تعريفاً أكثر حداثة واخل غلازر Glaser هذا التعريف سنة 1663 بتعابير قريبة جداً : « الكيمياء هي فن علمي به نتعلم تذويب الاجسام لاستخلاص الجواهر المختلفة منها والموجودة فيها ، لاعادة جمعها وتجميعها لتجعل منها اجساماً فعالة » .

كان كريستوف غلازر Christophe Glaser (1628 - 1672 ؟) استاذاً للكيمياء في بستان

الملك. وقد خلف في هذا المنصب نيكيز لوفيفر 1610 - Nicaise Lefebvre 1669. وكان هذا الأخير أيضاً صاحب كتاب في الكيمياء اتخذ نموذجاً لكل الكتب التي جاءت بعده. وعلى العموم، كانت هذه الكتب مؤلفة من أربعة أقسام مفصولة عن بعضها نوعاً ما. في العموميات كان الكاتب يعرض القسم النظري، ويصف الأوعية والأفران والأطيان والعمليات المخبرية المتنوعة. ثم يخصص أساس الكتاب للمعادن وأشباهاها ومشتقاتها. وبعدها يخصص قسماً أقصر للمستحضرات المستخرجة من النباتات. أما القسم الأخير، والموجز فيخصص للمستحضرات المأخوذة من الحيوانات.

وكان يساعد على نجاح هذه الكتب، نجاح التعليم. فقد كانت الكيمياء تعلم منذ قرن في كل كليات الطب. ولهذا أخذ عدد الكيميائيين يتزايد يوماً بعد يوم على تقدم العلم.

توحيد التسميات أو الجداول. منذ أن يالّف قارىء اليوم لغة القرن السابع عشر، فإنه يستطيع بدون جهد، قراءة كتب ذلك الزمن، وهذا الاعتياد ليس صعباً لأن التسميات قد توحدت بفعل الاستعمال ولم تكن تتضمن في ذلك الوقت كلمة عامة تدل بشكل منهجي على كل فئة من الأجسام. فكلمة أسيد وكلمة قلوي كانتا شائعتين في الاستعمال. وكان هناك القلوي الثابت مثل السودا والبوتاس والقلوي المتطير مثل الامونياك.

أما الحوامض أو الأسيد فكانت تسمى بالارواح. وكلمة كلس وتراب اخذت تطلق على الاوكسيدات أما كلمة فيتريول فتشمل كل السلفات. ونجد أيضاً كلمة « ريغول » للدلالة على الأثمد وعلى الزرنيخ غير المخلوطين بغيرهما. وتطلق كلمة زهرة على المستحضرات المسحوقة التي يحصل عليها بالتكرير مثل الكبريت أو بعض الاوكسيدات. أما كلمة بلسم فتطلق على مستحضرات أكثر تعقيداً.

وكانت هناك ثغرات ما تزال كما كان يوجد تفارق في التسميات، ولهذا التفارق ناتج عن رغبة كل مؤلف في الكشف عن تحضير دواء جديد. وفي كل كتاب، كانت أوصاف الأجسام والأساليب في تحضيرها متنوعة بشروحات طبية وفرميشانية. وكانت هذه التفصيلات تزيد في غموض النص. ولهذا كانت الكتب الأكثر وضوحاً هي التي كتبت من قبل مؤلفين لم يكونوا فرميشانيين أو صيادلة مثل كتابات تيبورت اللوريني Thibaut le Lorrain أو مات فافور Matte la Faveur، وكلاهما مقطر وشارح للكيمياء.

تعريف الاسيدات. يلاحظ القارىء، في كل هذه الكتابات الدقيقة المكتسبة حول طبيعة وخصائص الاسيدات، أن عدد الاسيدات المعروفة لم يزد. ولكن أسلوب تحضيرها قد استقر، وإن كان التحضير قد قصر يومئذ على مستحضرات مخبرية لا منتجات صناعية.

ويذكر أن الماء الثقيل يتميز في أغلب الأحيان عن الاسيد نيتريك، فالكلمة الأولى كانت يومئذ تستعمل للدلالة على الماء الملكي (الذي يحلل به الذهب) (وهو مزيج من أسيد نيتريك وأسيد كلوريديك). أما روح الفيتريول، أو أسيد سلفيترك، فيتميز عن زيت الفيتريول الذي يتوافق مع ما يسمى اليوم أو الأوليوم، إذا اخذنا بعرض وسائل انتاجه.

كل ذلك يفسر كيف ولماذا ثبت الميل الى اعتبار الاسيد كعامل شامل. ورغم ان هذا التصور قد استقبل استقبالاً حسناً، الا ان نجاحه كان قصير الامد. ويبدو انه قد ساد طيلة حوالي عشرين سنة. لا شك ان اعتراضات بويل Boyle قد عملت كثيراً لتحد من تقدمه.

لقد بين العالم الانكليزي الكبير كم كان تعريف الاسيدات غير كافٍ. ان هذه كانت تتميز بغليانها عند ملامسة القلوبات، التي كانت هي أيضاً تعرف بنفس المظهر عند ملامسة الاسيدات. وقد قطع بويل هذه الحلقة عندما اكتشف شراب الفبوليت (البينفسج) يتغير لونه بحسب ما اذا مزج بالاسيد او بالقلوي. وهكذا ادخل في التحليل الكيميائي استعمال المؤشرات الملونة. واعطى أيضاً الوسيلة لمعرفة املاح النحاس والحديد والفضة بواسطة تفاعلات ملونة او بواسطة ترسيات. وبين ان الاسيدات قابلة للتفكك وان الاسيد لا يمكن ان يكون لا عاملاً شاملاً ولا عنصراً شاملاً.

فضلاً عن ذلك لم تكن البراهين لتفوت فكرياً نيراً، لبيان ان عدداً كبيراً من الاجسام لا يحتوي اي
أسيد.

مفاهيم روبرت بويل Robert Boyle - شملت انتقادات روبرت بويل المفاهيم المقبولة نظريات المشائين ونظريات بارسلس Paracelse. وكما فان هلمونت Van Helmont انكر بويل على النار كل صفة جسمانية، ورد المفهوم القائل بان المبادئ الثلاثة الاخرى يمكن ان تكون الوحيدة المكونة للمادة. وفيما خص المبادئ الثلاثة حرص على تبيين مدى غموض هذه المفاهيم ومدى الاختلاف في تفسيرها. والتعريف غير الواضح للمبادئ يترك دائماً مجالاً للشك في طبيعة المبدأ الذي يقول به الكيميائي. ويكون عدم اليقين مزدوجاً. من جهة من الصعب معرفة ما يفصل المبدأ غير الجسدي والجسم المادي المسمى بنفس الاسم، ومن جهة اخرى اسناد الصفات (التبخيرية، اللون، الخ) الى مبادئ تختلف باختلاف المؤلفين. واخيراً لا تمتلك اي اثبات، تجريبي او ميتافيزيكي يثبت ان المركبات يمكن ان تتحلل الى هذه المبادئ الثلاثة او الى واحد منها.

عرف بوال الاجسام البسيطة والبدائية كذلك التي تتكون منها المركبات (او الخلطات) والتي تشكل الكلمة النهائية كلمة (حل). ان هذا التعريف له الكثير من الشبه الظاهر مع التعريف الذي وضع بعد ذلك بخمس وعشرين سنة من قبل لافوازييه Lavoisier. الواقع، في ذهن بوال Boyle، ان هذا التعريف يمثل، بصورة اولى استنتاجاً شفوياً، يركز على بعض الملاحظات الاجمالية لا على التبيين التجريبي.

ان هذا التعريف يتعارض بصورة خاصة مع المفاهيم السكولاستيكية القديمة والباراسلسية، ولكنه يبدو اكثر قرباً الى افكار فان هلمونت Van Helmont، منه الى افكار لافوازييه Lavoisier.

ولكن لا يمكن ربط مفاهيم الفيزيائي الانكليزي بمفاهيم الطبيب الفلمنكي.. اذا كان بوال Boyle يلزم ولا يؤكد، الى وجوب وجود نوع من الوحدة في المادة، فانه مأخوذ بفلسفة ميكانيكية للطبيعة تنقضي تركيباً جسيماً للمادة. ان الاجسام البسيطة هي التي تشكل الاجسام المركبة، حسب

قوله ، ولكن هذا لا يثبت أن كل ما يمكن استخراجه من المركب بالنار أو بأية وسيلة أخرى كان موجوداً فيه بفعل سبق التكوين . وكذلك أنه من غير المؤكد أن تفكيك المركب يعطي دائماً نفس الأجسام البسيطة ، ان استعملت عوامل تفكيك مختلفة . وهكذا في ذهن بويل Boyle يعتبر مفهوم العنصر ، وهو الحد النهائي عند التفكك الكيميائي ، قديماً من الناحية الميتافيزيقية . ان الاختلاف في ترتيب الجزيئات ، وتنوع حركتها يمكن أن يعطي للعناصر مظاهر مختلفة .

وكانت منشورات بويل حول مواضيع الكيمياء متعلدة نوعاً ما . ولكن جوهر أفكاره موجود في كتابه الرئيسي « الكيمياء المشكك » المنشور لأول مرة في اوكسفورد Oxford سنة 1661 .

II - نظرية الفلوجستيك أو السائل الناري

كانت كتابات بويل Boyle مقرومة جداً وموضوع نقاش حامي . ورغم أن الأفكار التي قدمتها هذه الكتابات والانتقادات التي وجهتها الى الانظمة القديمة ، قد قبلت لدى عدد كبير من المعاصرين ، الا انها لم تكف لردع الكيميائيين عن السعي الى إيجاد عامل كوني معترف به بالاجماع . ومرة اخرى جاءت المفاهيم الجديدة تنضاف الى القديمة ولكن الرغبة لم تخف حدثها بهذا الشأن .

التكوين الجسيمي للعامة - ان المنازعات التي شغلت اواخر القرن 17 والسنوات الاولى من القرن 18 لم تتناول كثيراً أسس نظريات ارسطو ونظريات باراسلس Paracelse ، كما ارادها بويل ، بل تناولت التكوين الجسيمي للمادة ، وتفسيرات التفاعلات ، وبصورة رئيسية تأثير الاسس (القواعد Bases) على الاسيدات . هذه المناقشات الطويلة كان من نتيجتها تركية المفهوم الجسيمي . عموماً ، مما اتاح ادخال فكرة التجاذب الذي سوف نذكر تاريخه . ولكنها اغفلت عدداً كبيراً من الدائل التي اثارها وجود الذرات . لقد تميزت هذه الحقبة بجهود كبيرة تحليلية من اجل وضع الرسيمات التمثيلية الأكثر تنوعاً ؛ الا ان ايأ منها لم يستجمع الموافقة العامة . ولن ندخل في تفصيلات هذه البحوث التي تدخل في تاريخ النظريات الميتافيزيقية حول المادة اكثر مما تدخل في نظرية تقدم الكيمياء

ولكن نحدد الاشارة الى ان هذه النظريات كان لها تأثير كبير على الكيمياء . فهي بتعويدها الاذهان على تعريف معين للذرة ، وبتريسيخها مبدأ عدم تحطم الذرة ، وثبوتها وخصوصيتها ، قد اعدت الاذهان لحيء فكرة الجسم البسيط التي صاغها لافوازييه Lavoisier في سنة 1780 ، ولحيء النظرية الذرية الحديثة كما عرضها دالتون Dalton حوالي 1805 .

ظهور الفلوجستيك أو السائل الناري - في الوقت الذي كانت تجري فيه هذه المناقشات ، وتزدهر الكتابات حول بنية المادة ، ادخل حدث مهم الوحدة المبتغاة جداً في نظرية الكيمياء : لقد اخترع ستاهل نظرية السائل الناري .

ان الفكرة القائلة بان العامل الكوني لا يمكن ان يكون الا مبدأ النار ، صاغها الكيميائي الالماني ح . يواكيم بشر Joachim Becher 1635-1682 . قال هذا الأخير بوجود مكونين للمادة : الماء

والتراب. ولكنه ميز بين ثلاثة أنواع من التربة، التربة الزجاجية والتربة المادية والتربة المشتعلة. واعطى ستاهل Stahl لهذه الأخيرة اسم فلوجيستيك. ولولا قيام ستاهل 1703 بتطوير فكرة الفلوجيستيك، وقبامه أيضاً بإعادة طبع كتاب «فيزيكا سب ترانا» الذي كتبه معلمه ثم كتاب سيسمين بيشيريانوم Specimen Beccherianum الذي يحتوي اساس نظرية بيشر Becher، لبقيت كتابات هذا الأخير مجهولة تقريباً.

كان جورج ارنست ستاهل George Ernst Stahl طبيباً وكيميائياً 1660 - 1734. وقد علم في جامعة هال Hale. واوجد في الطب نظرية الاحيائية التي لاقت نجاحاً عظيماً. وكان موهوباً في رؤاه التركيبية التي عرضها في العديد من كتاباته بحماس وبعجلة قليلة. وكان يكتب مثل الكثيرين من مواطنيه باللاتينية وبالالمانية مختلطتين في جملة الطويلة جداً في بعض الاحيان. وظهر عرضه الاول لنظرية الفلوجيستيك سنة 1697 في كتاب اسمه اكسيريمنتا Experimenta... وقد ومع النظرية في عدة كتب نشرت بخلال السنوات الخمس والعشرين اللاحقة. ولكن افكاره لم تعرف الا من خلال كتب شراحه ومهم جنكر Juncker في المانيا وسيناك Sênac في فرنسا.

ويجب ان لا يخلط بين الفلوجيستيك Phlogistique او النار المبدأ، والنار الحورية، او ان امكن القول النار المادية، التي تظهر بالذهب وبالحراة عند الاحتراق. ان الفلوجيستيك هو عنصر غير قابل للوزن او الاحاطة. وهو موجود في كل الاجسام القابلة للاشتعال مثل الكبريت والفحم والزيت، وفيما بعد الفوسفور واثناء الاشتعال يفصل عن هذه الاجسام. وخسارة الاجسام المحترقة للفلوجيستيك هي السبب في تغير خصائصها. من ذلك ان الكبريت اذا حرم من فلوجيستিকে بالحرق يعطي الاسيد الفيتريولي، والزيتو تعطي الماء وبعض البقايا التي هي زيت محروم من فلوجيستিকে. وحرق الزيوت والنباتات يسبب ظهور الفحم، والشحار الدخاني او فحم الخشب. ان الفلوجيستيك الموجود في الجسم المشتعل قد تجمع في الفحم. ولما كان الفحم يزول عند احتراقه تماماً، فمن المعقول اعتباره وكأنه متكون بكليته من الفلوجيستيك. ولم يذهب ستاهل الى القول بان سواد الدخان هو الفلوجيستيك النقي، لان الفلوجيستيك لا يمكن عزله. ولكن آخرين أشاروا الى هذا بعده وربما لم يناقضهم ستاهل في ذلك.

تكون وتحول الاكلاص المعدنية - وبرز ما في النظرية هو المظهر المخلق في تحول المعادن الى كلس، او تراب او اوكسيد، ثم تحول الاكلاص الى معادن. وتكون المعادن اغنى بالفلوجيستيك كلما كانت اسهل تحوّل. والمعادن الكاملة تحتوي القليل منه او تخلو منه تماماً. فاذا تكلس المعدن في الهواء يفقد فلوجيستিকে. ووجود الهواء معروف بانه ضروري منذ زمن بعيد لتحول المعدن الى كلس. ويعطي ستاهل لهذا الشرط تفسيراً ميكانيكياً يتلام مع عقلية العصر. الهواء يترك جزئيات الفلوجيستيك وعندما تسرع الحركة يفصل الفلوجيستيك. وتتم العملية ذاتها في كل الاحتراقات. وفيما بعد طبقت على التنفس.

الا ان تحول المعدن الى كلس يحصل عن طريق الرطوبة، فالمعدن بعد تنويعه في الاسيد

فيريوتيك، اوروخ ألنير (اسيد نيتريك) والملح يتكلس فيبقى الكلس. المعدني. وانشاء هذه التحولات، يتحد جسم مزود بالفلوجيستيك (المعدن) بجسم محروم منه (أسيد). ويتسبب التكلس بذهاب الفلوجيستيك من المركب الذي يتحول بالتالي الى كلس.

وتحول الكلس هو نتيجة استحصاله على فلوجيستيك من الفحم؛ الامر الذي يحمي المعدن. وهناك مهمة برزت في الحال. ان تحول المعدن الى كلس يقتزن بزيادة وزن الماكّة، اما اعادة احياء المعدن فتقتزن بنقص في الوزن. وهناك على ما يبدو تناقض ظاهر مع الواقع القائل بان خسارة الفلوجيستيك تقتزن بزيادة الوزن، وتثبيت الفلوجيستيك يقتزن بنقص في الوزن. هذا التناقض فاضح بالنسبة الى كل ناقد عصري ثبت في ذهنه وجود علاقة ثابتة لا رجعة فيها بين المادة والوزن. هذه العلاقة كانت اقل بروزاً في نظر كيميائي النصف الاول من القرن 18. بل وحتى كانت غير موجودة عند البعض منهم. يجب ان لا ننسى بهذا الشأن، بان الفلوجيستيك لما كان مبدأ، فهو لا يخضع لثوابت المادة؛ فهو لا وزن له ولا كثافة، وربما كان حجمه له بعض الاعتبار. وقد كان كذلك. وقد بدأ ستاهل باعطائه خاصية الكائن القابل للانتشار. ثم سحبها منه فيما بعد. وتفسيراته للظاهرة المزعجة قد تغيرت قليلاً مع الزمن.

فقد زعم اولاً ان هذا الفرق في الوزن يعود الى ان المعدن وهو يخسر قسمه القابل للاحتراق اثناء التكلس، يزداد قسمه المحدد وزناً من جراء ذلك. وبعدها قال بان ذهاب فلوجيستيك يترك فراغات في المادة فيفضّلها الهواء ويجعلها اوزن. وليس من المؤكد ان يكون الغموض بين الوزن والفضل النوعي قد خفي عليه تماماً، ولا على تلاميذه. واذا فهو لم يكن على يقين، إن ما عنده مجرد إجماع يسمح برؤية طبيعية الأسباب الحقيقية للظاهرة، وإن لم تكن قد توضحت بعد.

نجاح الفلوجيستيك واسبابه - لم تكن المسألة هي مسألة اصلاح النظرية او ادانتها، لانها لا تشرح زيادة وزن المعادن المتكلسة، بل ابقاء الظاهرة ضمن حدود النظرية وكان في هذا الموقف سبب دامغ: لا توجد اية نظرية اخرى تشمل مجمل المعارف الكيميائية يمكن ان تقف بوجه نظرية الفلوجيستيك. ان هذه تبدو تنويعاً لتطور الكيمياء منذ نشأتها لانها تجعل من الفكرة القديمة فكرة المبدأ معتقداً بيئاً. فالفلوجيستيك لم يكن على الاطلاق كائناً من نسج الخيال. لقد كان الشيء المنتظر منذ زمن طويل. انه شيء من نفس نوع بعض العوامل الاخرى التي لا تمسك ولا توزن، والتي لم يوضع وجودها موضع الشك والتي يلعب بعضها دوراً معروفاً في عمليات الكيمياء، مثل الضوء والمغناطيسية والكهرباء. وكانت هذه الاخرى معروفة بصورة افضل منذ نصف قرن تقريباً. وقد سبق لستيفن غري Stephen Gray ودوفاي Dufay ان اعطيا عنها القوانين الاولى، في الوقت الذي كان فيه نظام ستاهل Stahl يثبت نفسه. لم يكن، من الجسم الاكثر حملاً للفلوجيستيك، وهو الكبريت، أوتوغريك Otto de Guericke قد استمد الاثار الاولى الكهربائية القابلة للتطويق ؟

واخيراً لم يكن نظام ستاهل يتناقض مع اي مفهوم من المفاهيم الميتافيزيكية الكبرى. فقد كان يرضي الديكارتيين لانه يعطي معنى كيميائياً لمفاعيل الحركة، وانه كان يعطي اهمية لمظهر المادة وشكلها

أكثر من الأهمية المعطاة للجاذبية الأرضية ، كما أن صورة الجزيئات كانت تتعلق بالحالات الفيزيائية ؛ كما كان يرضي اللذين رن مفهوم الجزيئات كان في أساسه ؛ وسوف يرضي النيوتونيين لأنه كان يتلاءم تماماً مع مفهوم التجاذب أو الإلفة ، كما وان الفلوجيستيك استطاع أن يكون في رأس العامود في جداول التآلف والتجاذب :

شمولية الفلوجيستيك - لقد ساد الفلوجيستيك بدون منازعة لانعدام المزاحم . وكانت شموليته ترضي نفسية الكيميائيين . وهذا الشأن لم يتوقف ستهل عن ظاهرات الاحتراق . كانت كيميائه تركز على قاعدتين افتراضيتين ، الأولى تجعل من الفلوجيستيك العامل الذي سبق ووصفناه . والثانية تقول أن الأجسام تجذب مثيلاتها وأشباهها . فعندما يتكون جسمان من نفس المبدأ فإنهما يتحدان بفضل هذا العنصر المشترك . وتتلاصق خلاياهما من جوانبهما الأكثر تشابهاً . وهكذا يشرح تكون الاملاح ، كما يشرح قابليتها للذوبان في الماء وتكون المزاخم المعدنية .

وقد طور ستهل نظريته حول الاملاح . فقد رأى نوعاً من التشابه التركيبي بين الاملاح والقلويات . وهناك أكسيد شامل يدخل في تكوين الأميدات . هذا الأكسيد اذا اتحد مع الفلوجيستيك ، بفعل المزج كون الأكسيد نيتريك . وهذا الأخير يأخذ من الفلوجيستيك خصوصية تلويب المعادن عملاً بقاعدة التشابه . وهناك ملح اسامي يمتزج بالفلوجيستيك فيعطي القلويات . ومن الأول ، اي من الملح الاسامي يأخذ القلوي ذوبانيته ويأخذ من الفلوجيستيك حدته وقلية .

ان الفلوجيستيك لم يكن فقط عامل الاحتراق بل هو في اساس الخصائص الكيميائية وحتى الفيزيائية الرئيسية مثل الرائحة واللون .

وكان الكيميائيون في مطلع القرن الثامن عشر منقسمين وغير واقفين ، فاستقبلوا نظرية الفلوجيستيك بحماس لأنها تتجاوب مع توقعاتهم . ومن اليسير على مؤلف معاصر ان يثبت ضعف وتناقض هذه النظرية وذلك بالاثبات خطأ اسامي في قاعدتها .

هذا الخطأ الأساسي الذي لم يناقش والذي يعتبر غير جدير بالمناقشة ، منذ قرن ونصف ، لم يكن بالإمكان أخذه بالاعتبار من قبل معاصري ستهل لأنهم لم يكونوا يتوقعون وجود غازات . وتفهم أهمية الفلوجيستيك التاريخية بصورة أفضل ان حاولنا ، متجاوزين هذا الخطأ ، فهمه كما فعل الكيميائيون في القرن الثامن عشر . إذ كيف يفسر بشكل آخر العناد والصلابة التي دافع عنه بها ضد هجمات لافوازييه ؟ .

هل يتوجب ، كما فعل الكثير من المؤرخين ، أن يكون كل الكيميائيين الذين حاربوا أفكاره أو وقفوا منها موقف اللامبالاة ، أن يكونوا أغبياء فبدافعوا منافقين عن براهين باطلة ؟ .

إذاً يجب ان نضع بينهم اشخاصاً امثال برستلي Priestley وشيلي Scheele ، وكافنديش Cavendish ، وماكر Macquer وكيروان Kirwan وريختر Richter . ويبدو من العدل اعتبار نظرية ستهل بمثابة نظرية عظيمة .

الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :

علم الحيوان (زبولوجيا)

I - المعارف الزبولوجية

موسوعة البروفاندي Aldrovandi هـ لاتخذ فكرة عن حالة علم الحيوان في بداية القرن السابع عشر، يجب استشارة الموسوعة الكبيرة في عشرة مجلدات من القطع الوسط التي وضعها اوليس البروفاندي Ulisse Aldrovandi ، 1552 - 1605 ، الذي كان استاذاً في جامعة بولونيا. وكان الكتاب قد اعد بخلال نهاية القرن السادس عشر. ولكن مجلداته نشرت بين 1599 - 1616. ونحن نستطيع بحق ان نأخذ كنقطة انطلاق .

نعرض اولاً مجملًا للنظام الذي اتبعه المؤلف في تصنيف الحيوانات. القسم الاول يتضمن الحيوانات ذات الدم الاحمر والتي تطابق ما يسمى في ايامنا بالفقريات. وهذه مقسمة الى :

I - رباعيات الاقدام الثديية الولادية .

II - رباعيات الاقدام - البيضية .

III - الطيور.

IV - الاسماك - الحوتيات .

V - الحيات - الثعابين.

والقسم الثاني يضم كل الحيوانات التي دمها غير احمر. هذه الملقات هي ما نسميه باللافقريات وتتوافق مع "انيمات Anaima ارسطو وهي تقسم الى :

VI - الرخويات .

VII - الصدفيات

VIII - القشريات .

IX - الحشرات .

X - الاسفنجيات.

يمكن ان نعجب من ضخامة الكتاب. وذلك انه يعنى بصورة خاصة بالتاريخ الادمي للحيوانات

حيث الوصف الزبولوجي مختصر. فمن اصل 294 صفحة مخصصة للحصان يوجد فقط ثلاثة اواربعة تعالج الصفة الزولوجية للحيوان. أما البقية فهي تجميعات واسعة، مع ذكر أسماء المؤلفين، لكل ما كتب عن الحصان أو نقل أو زعم من جميع الأوجه: ترادف، مسكن، تربية، مزاج، عاطفية، أمانة وسماحة، ذاكرة، توالد، محبة وكرة، استخدامه في الحروب وفي الألعاب والانتصارات. لم يُنس شيء: الأساطير مثل التضحيات والتحويلات، والأحصنة الاسطورية والساتنور (كائن خرافي نصفه انسان ونصفه حصان). يُخصص قسم للامثال المتعلقة بالاحصنة وصورها المرسومة أو المحفورة أو الموسومة على النقود والميداليات النخ. وهنا يتبع الدروفندي أسلوب سابقه، وخاصة ش. غسنر.

يوجد في علم الزولوجيا تراث - الكثير منه يعود الى ارسطو - واره عن مؤلفين قدامى. واقول هؤلاء يتقدم على الملاحظات والتحقيقات الاكيدة. من ذلك ان الدروفندي يصنف الطوطا وهو من الثدييات المجنحات الأيدي، بين الطيور، لسبب وحيد أن له أجنحة وأن الناس يعتبرونه من الطيور. التشابه السطحي له وزن هنا أكثر من الفوارق العميقة في الأجهزة، وهذا أمر يعرف الدروفندي Aldrovandi.

ويعترف المؤلف ان الطوطا ليس له ريش ولا أجنحة تشبه أجنحة الطيور. ويعرف أنه يطير بواسطة غشاء متكون من جلده الممتد بين الأصابع والصلاميات المستطيلة. بل انه قدم هيكلًا عظميًا لوطوطا وهذا الهيكل يبرز الفرق. ولا يجهل المؤلف ان هذا الطير المجنح البدين لا يبيض مثل الطيور بل يولد صغاراً أحياء. ويعرف ان صغار الطوطا تتمسك بأصابعها معلقة بأثلاثها وانها تنغذى بحليبها كما ذكر ذلك بلين Pline. وأخيراً يلاحظ ان الصغار تولد عارية من الشعر وتكتسب الوبر الذي يشبه جلد والديها وكل الأربعيات الحيوانية. لكل هذه الأسباب، يلاحظ الدروفندي Aldrovandi ان الطوطا يشبه هذه الأربعيات اي الثدييات. ويقول انه من الأفضل تركها بين الطيور ثمناً مع التراث، وببساطة لأنها تستطيع الطيران.

أما الحيتانيات التي هي لبونات بحرية فتطرح مشكلة مماثلة. فقد صنفت الحيتانيات بين الاسماك دائماً لأنها تعيش في الماء. الا ان الدروفندي يعترف بان هذه الحيوانات مثل الحوت والدلفين لا تنفص بالغلصم بل بالزئير. ويشير الى ان كل اعضائها الداخلية مثل القلب والوعية الدموية والرتتين والاعضاء التناسلية والاثداء، تجعلها اقرب الى الأربعيات الولودة. الا انه لم يجرؤ على ابتكار النتائج التي تفرض نفسها. ومن باب الحذر يعالج الكتاب الذي نشر سنة 1613 الاسماك والحيتان في قسم واحد. ومن بين هذه الأخيرة توجد الفقمة وهي زعنفة الأقدام، وخروف البحر (لامانتان) الذي هو من الحيتانيات (Siremiens) والمنشار وهي سمكة من الاسماك بدون هيكل عظمي (Selaciens). والنظر إلى الأطراف فقط كان يكفي لتفادي هذه الأخطاء الناجمة عن التشابه السطحي وأشكال الحياة المشابهة.

I - من بين الأربعيات الولودة، عرف الدروفندي، كسابقه عدداً من المجموعات المتجانسة

مثلاً (الوحدات الاصبع) ذات الرجل الوحيدة الاصبع والتي تحمل حافراً وحيداً؛ ويمثلها الحصان، والحمار، والحمار البري الأوتانغر. فلماذا حشر بينها الفيل الذي يحتوي رجله على خمسة أصابع رغم بساطة مظهرها. إلامذات الظلفين فهي حيوانات لها في أرجلها أصبعان وتطبق على ما نسميه بالحيوانات المجترّة: يذكر المؤلف بحق البقرة والحاروف والماعز والأيل والجمل والزرافة. ويعتقد انه من الواجب ان يضم إليها وحيد القرن وله ثلاثة أصابع ويتمي الى مجموعة مختلفة جداً .

ونلاحظ ان الحس الإلهامي في المشابهات يدفعه أحياناً الى إيجاد سلسلات طبيعية. ولكن حتى في هذا المجال، مجال الثدييات، وهي الأسهل دراسة، والأقرب الى الإنسان وذات التشريح المعروف، يقع هذا المؤلف كل حين في الخطأ: فالتخصص غير الكافي وانعدام الصفات الواضحة التي يمكن ان تستخدم كمعايير لا تسمح له بتقادي مقارنات توحي بها مشابهات سطحية. ولا نعث في أي مكان من كتابه لأي ظل لنهج يمكن ان يؤدي الى تصنيف مناسب ومنطقي أو حتى طبيعي.

II - أما الكتاب المخصص للاربعيات البيضية فيضم الزحافات والضفدعيات. فقط لان هذه الحيوانات لها أربعة أرجل وتبيض البيض. ووجود ذنب يكفي لتقريب الزحافات ذات الجلد الصدفي مثل الخردون والضفدعيات ذات الجلد العاري مثل الشموسة والسقاية.

وقد فصلت الأفاعي عن الزحافات الأخرى لأنها ليس لها أطراف. وتعامل بذات الوقت كحيوانات أسطورية مثل التنين والعظامة.

III - وفي ما يتعلق بالطيور نجد هنا وهناك بعض المجموعات المتجانسة أو شبه المتجانسة: كالجوارح والدجاجيات مثل الدجاجة والتدرج والحجل والقطا. ونجد فيها أيضاً بعض القانصات ذات الساق الطويلة. أما اليمائم فتعرف تعريفاً جيداً، ولكن غالبية الأقسام الأخرى تبدو متناثرة. وبعض المجموعات هي سلوكية خالصة، مثل الطيور التي تؤم شواطئ المياه أو مثل مجموعة الطيور المفتردة.

IV - بالنسبة للأسماك يتبع الدروفاندي أسلوب ش. غسner C. Gesner. فيفرز الأسماك التي لها هيكل غضروفي عن غيرها. ان هذا الفصل يمتاز: فبعض هذه الحيوانات لها شكل مستطيل مثل كلب البحر أو القرش أما الأخرى فلها شكل مسطح مثل الشفنين البحري أو اللب (Raie) والرعادة أو الطورييد. وقد نحب ان نرى بين الليات عفريت البحر وهو سمكة ذات هيكل عظمي. ويجب ان نذكر هنا انه يوجد خطأ تقليدي ارتكبه سابقاً أرسطو، وتقيد به باحترام، وروندليي Rondelet وسالفانيي Salviani وغسner C. Gesner. أما بقية الأسماك فقد صنفت بدون قاعدة وفقاً لأسلوبها في الحياة: أسماك الصخور، أسماك الشواطئ، أسماك الأنهر، وأسماك البحيرات... وهذا يؤدي الى مجموعات مصطنعة.

V - ولكي يكون كاملاً حرص الدروفاندي على وصف وعمل تصوير كل الكائنات الاسطورية: حيات البحر، ويعطي عنها صورتين مختلفتين نوعاً ما، والطيور الاسطورية مثل: العنقاء،

المرأة الطائرة ، السقيمقال والتينيات التي توحي صورها بصور الليات البحرية التي اتخذت أشكالاً غريبة بفعل التشيف . وبدأ المؤلف موقفاً أكثر عنلما وصف وحوشاً حقيقية (الوحوش المزوجة ، حيوانات ذات رأسين ، كلاب (Les éctrome) محرومة من الأرجل الأمامية ، دجاجة بشكل شبيه ، حالات بشرية خاصة .

وعندما وصل الى دراسة العلق (نقول غير الفقريات) نفحص هنا في عالم ذي ثروة لا تصدق ، ما تزال حتى اليوم غير مستكشفة ، ويتشكل هذا العالم من حيوانات ذات تكوين عضوي مختلف جداً ، كان تشريحها الداخلي غير معروف تماماً تقريباً . فكيف يمكن تصنيف هذه الكائنات الا سنداً للمشابهات السطحية ووفقاً لثراث قديم ؟ .

VI - الرخويات - انها توافق ما نسميه باللاصدفيات ، وتمثل برأسي الارجل المحرومة من الغطاء الصدفي الخارجي ورأسها عظام بأذرع مزودة بمصاصات : مثل الاخطبوط ، والسيدج والحبار . وتقليداً لغستر اضاف الدروفتندي الى هذه المجموعة المتناسقة الارنب البحري الذي ليس له اذن علاقة بهذه اللاصدفيات . الا انه اغفل الارغونوت والنوتيل التي نجدها في مقطع آخر .

VII - الصدفيات - انها قبل كل شيء الحيوانات ذات الصدف او الغطاء الحجري مثل ذات الاسنان او النابية والموركس Murex ، والتيربو Turbo ، والتروشوس Trochus ، والبزاق Cochlea . واستعمل اسم كونشا Concha للدلالة على الرقاقيات مثل الجرنية ، والقالب ، والمحار وسولن ، وبيكتن وسبونديلوس ، وكلها صنف بصورة مصطنعة بحسب ترتيب قوقعتها : صدفيات مخططة ومحددة وشوكية . ومن بين الصدفيات ذكر الدروفتندي النوتيل ، التي لم يعرف عنها الا قوقعتها والتي هي صدفية رأسية الارجل بدائية . ووصف كنوع آخر من النوتيل والعنقريط وهي صدفية مشهورة تصنف من بين الرخويات ، القريبة من البولب (الاخطبوط) . اما الاغفال او الاهمال فيفسر بالصورة المعطاة لها . انها عنقريط انثى ، تمسك ، بين ذراعيها للسطحين . السلة ، التي تذكر بشكلها بالقوقعة ، التي يفرزها الحيوان عند توالده ، وفيها ينقل بيضاته . وتسكن النوتيل في المقصورة الأخيرة من قوقعتها . أما العنقريط العارية فتتمسك بمجد بين ذراعيها : وهذا يكفي لايجاد تقريب مركّز على مائلات سطحية خالصة .

اذا وضع هذا الخطأ جانباً ، فان مجموعة الصدفيات تكون متجانسة ، اذا لم تكن اشكال اخرى ، ليس لها اذن علاقة بالصدفيات ، قد حشرت فيها . مثل البالان (بلوط البحر) والاناتيف (قشرية بصوق) التي هي من القشريات . والالتباس يأتي من كون هذه الحيوانات مثنية وان جسمها محاط بصفيحات مكسكة يصعب رغم ذلك اعتبارها صدفية . ولنفس السبب نجد بين القشريات ، التوتيسام (اشينوس Echinus ، وسباتانغوس Spatangus) والتي هي ذات جلد قنفذي وغشاؤه يحتوي على صفيحات كلسية .

VIII - والقشريات تتوافق مع قشريتنا العليا ، ومع ذات العشر ارجل . ويعرف الدروفتندي

يصورة خبائية الاشكال الكبرى مثل لانغومست [الكركند (جراد بحري)] ، والكراپ Crabe (اجناس من السرطان البحرية). وقد قدم ملاحظات مفيدة حول مقرن الذنب والراهب الذي ينزل في الاصداف الفارغة وحول طريقة تركه عندما يكبر للقوقعة الفارغة التي جعل منها مسكنه سابقاً ، ليتخذ بعدها مسكناً اوسع اكثر ملائمة لجسمه . في حين يجهل الكاتب تماماً كل القشريات الدنيا .

IX - وبعد تخلص عالم اللاقريات من الصدفيات والقشريات العليا السهلة التمييز تبقى كتلة من العضويات صنفها الدروفاندي ، كسابقيه في هذا الخليط الذي هو مجموعة الحشرات : فيقسم هذه الحشرات الى حشرات ارضية وحشرات مائية . ثم يقسمها الى فروع ذات ارجل وغير ذات ارجل . والارضيات المزودة بأرجل تكون مجنحة أو غير مجنحة .

اما المجنحة فتوافق مع ما نسميه بالحشرات . فنجد فيها النحل والدبور والزررقط والزرزور واليعسوب والفراشات . وقد تميز الكاتب بأنه عرض عدة انواع من الفراشات بجانب دودتها وسروعها ونفغها . واوجد بحق فرع المجنحات التي ليس لها الا جاتحان مثل الذباب والبرغش . اما مجموعته من مغمصات الاجنحة فتتضمن حشرات حقة من هذا الصنف مثل (الجعل او الجعران ، والخنطب والسيرامبيكس والذراع كما تتضمن ايضاً الجراد والسرعوفة والراهبة والبلاط (بنت وردان) التي هي من الودوتيتير (مستقيمات الاجنحة) .

واذا كان تصنيف يجمل الحشرات المجنحة صحيحاً تقريباً ، فان مجموعة آيتير (عديمات الاجنحة) تحتوي على خليط منها النمل باعتباره بدون اجنحة (إميوتير Hemiptères) ، ثم البق (نصفية الجناح) ، والبرغوث والقمل ، وما هو اخطر العقرب والعنكبوت التي هي العنكبوتيات والدخليات (كثيرة الارجل) .

اما مجموعة الحشرات الارضية غير ذات الارجل فلم تعرف تعريفاً جيداً ، واختلطت في معظمها مع الدود . فنجد من بينها دود الارض ودود الحيوانات مثل التينيا والاسكاريس ، كما نجد البزاق والتي هي صدفية بدون قوقعة .

اما قسم الحشرات المائية فهو خليط غير معقول من الحلقيات التائهة (سكولوبندرامارينا Scolopendra Marina) والحلقيات ذات الأنبوب والقشريات مثل برغوث البحر والعلق والدود البحري ، يضاف اليها نجمة البحر التي هي Ophiures . وفقاً لتراث يعود الى رونديه صورت اسماء حصان وزمارة البحر Lophobranchies من بين جملة الديدان . وكان سالفانياني Salviani قد اعتبرها بمثابة مقدوفات البحر .

X - والمجموعة الاخيرة ، مجموعة الاسفنجيات تضم حيوانات لم يعرف ارسطو اين يصنفها : مثل الاكتيني Actinies او ايمون البحر ، الريزوستوم Rhisostome أو الرثة البحرية ، والهولوتوري L'Holothurie التي هي من القنذليات ، والاسيديات وهي من المغلفات ، ويصورة خاصة اللافامارينا

Uva Marina التي هي مستعمرة من البوتريلات، والالسيونيوم L'Alcyonium اويد البحر، خليط عجيب ينتمي الى مجموعات متباينة جداً .

وعلى كل حال يدل كتاب الدروفاندي على نفس مستوى المعرفة، وايضاً على نفس مستوى الجهل كما في مؤلفات الذين سبقوه. ونجد عنده نفس الأخطاء التي اصبحت بمثابة تراث. اما التقدم فلا وجود له. فقد استسلم هذا العالم الطبيعي للتضليل بفعل مشابهاة مجسمة. فخلط بين قشرة التوتياء وغشاء (البالان) بلوط البحر وصدفة الحلزون لانها جميعاً اقسام صلبة ومتكلسة. وقبلاً عرف غط التنظيم المشبه لمجموعات القنفذيات، وتناظر خماسيات الاجزاء حتى ان المحار صنف بين الصدفيات ونجمة البحر والافوريين الحشرات، في حين صنفت قناء البحر بين الاسفنجيات.

مسرح الحشرات لثيوفيل موفت Th.Moufet - يذكر في بعض الاحيان كتاب مسرح الحشرات 1634 للمؤلف: موفت باعتباره اوجد نوعاً من التقدم وهذا ما اشك فيه. فالكتاب كانت له قصة طويلة. فمواده الاولى، جمعها غستر ولم يستعملها، فانتقلت الى توماس بني الذي كان قد سبق له واستحصل على مستندات جمعها إد وطن Ed.Wotton حول ذات الموضوع. واشتغل بني Penny خمس عشرة سنة ليجمع شتات هذه الموارد ولكنه مات قبل أن ينهي عمله. وعلى الرغم من سخرية محيطه قام طبيب انكليزي من لندن هو توماس موفت Thomas Moufet بقرقر العودة الى ما صنعه سابقوه. ومات بدوره سنة 1604 قبل ان ينشر كتابه الذي لم ير النور الا سنة 1634.

وكانت الحشرات المجنحة هي الافضل معالجة وتصنيفاً وخاصة النحل. وقد ارتكب المؤلف خطأ حين اعتبر ملكة النحل ملكاً. ووضع جدولاً رعائياً وكيفياً في الحياة داخل القفير. والملك يفرض نفسه على رعيته بضخامته ويلطف آدابه: وهو حصيلة اختيار ذكي وحذر. والنحلات، رغم طاعتها له تحتفظ بحريتها ويحكمها وتبقى مرتبطة بملكها بحماس. ويعد ذلك وردت المجموعات المعتادة حول اعداء النحل وامراضها، والضحيج الذي تحبه والضحيج الذي تخافه. ولا ينسى المؤلف الاسطورة التي تحمل النحلات مولودة بفعل تلف الجثث، جثث الحيوانات النبيلة كالثيران والبقر واذا فالشعب النحلي مولود من اللحوم في حين ان الملوك والقادة تولد من الدماغ الذي هو المادة الاكثر لطافة ولهذا فهي اضعف واكثر حذراً وقوة.

اما مجموعة مزودجات الاجنحة فتتضمن حشرات اصيلة ذات جانحين مثل الذبابة والنعرة والقيبول او حشرة النباتات، كما تتضمن ايضاً الحشرات ذات الاجنحة الاربعية مثل: (العراس Libellule، والاغريون Agrion والكالوبتريكس Caloptéryx. ويكاد لا يصلح ان المؤلف لم يحر اهتماماً على الاطلاق لصفة اكيدة هي عدد الاجنحة. فضلاً عن ذلك، وضع ت. بني Th.Penny ملاحظات مفيدة حول خلق الذباب: فقد شاهدها تتزاوج وتبيض البيض الذي يخرج منه الديدات.

ويتضمن الكتاب رسوماً جيدة لحوالي 60 نوعاً من الفراشات قلما وضعت بجانبها يوقاتها. ومن حيث المبدأ وضعت اليرقات جانباً في القسم الثاني من الكتاب اي في قسم عديدات الاجنحة وهناك عدة

مجموعات من الحشرات المجنحة المتناسقة مثل الصرصار والزرزور والبلات (بنت وردان) والخفصة او الجعل .

اما عديمات الاجنحة فتتضمن، كما هو الحال دائماً، خليطاً من الحشرات، والعنكبوتيات والبق والقراد والدود . وتحث اسم لومبريك (دودة كبيرة) وردت التينيا، والدودة الخيطية . اما حلقة الدودة الوحيدة فتوصف بانها دود متحرك يشبه بزر القرع دون توضيح لمنشئها . وبالمقابل يشير موفت Moufet الى وجود دودة لومبريك Lombric في الهند وفي مصر اسمها دراكونسيا Dracontia تحدث اوراماً تحت الجلد وهي ما يعرف بخيطية المدينة .

وبقي الكتاب غير مكتمل وينتهي بلوحتين رسمت فيها بدون شروحات التينيا والعناكب وعقارب وهرميلات وبيناتول Pennatule ودودة العومة ويرقات، ووفقاً للتراث رسم ايضاً حصان البحر المسكين . هذا البازار الصغير من الحيوانات يدل على عجز العلماء يومئذ عن الاحاطة بعالم الحشرات الواسع .

التاريخ الطبيعي لجون جونستون J.Jonston . وآخر انسيكلوبيديا حيوانية كبيرة صدرت سنة 1657 الى 1665 هي التاريخ الطبيعي لجون جونستون 1603 - 1675 الذي ظهر بعد مئة سنة من كتاب غسner C. Gesner . رتب الكتاب، بدون تغيير تقريباً وفقاً لخطة غسner والدروفاندي ونجد فيه الاربعيات الولودة والبضيات (الهمدعيات والزواحف) والطيور بما فيها الطوطاية (السوطوط) ، والاسماك والحيوانات التي كان الدروفاندي قد فصلها والحيات والتينات والحشرات (الحشرات بالذات والعنكبوتيات والمتعددات الارجل ، ومع الدود والبراغي والصدفيات الدنيا والعلق ونجمات البحر وخضمان البحر طبعاً) .

والرخويات تشمل رأسيات الارجل والابلات . اما الصدفيات فتشمل الرخويات ذات القوقعة والمعويات والصدفيات المسطحة وكذلك المحار بانواعه اما القشريات العليا فتشكل مجموعة متناسقة ولكن القربيات تضم خليطاً من الاكثنيات وطيور البحر وقثاء البحر .

وقد قلد الدروفاندي بيلون وغسner نوعاً ما . وقلد جونستون الدروفاندي . وما جدوى هذا التاريخ الطبيعي الذي لا نثر فيه على اي جديد . نفس الاخطاء ونفس الغموض يتكرر . وطيلة قرن من غسner (1551 الى 1558) حتى جونستون (1657 الى 1665) لم يتقدم علم الحيوان اية خطوة محسوسة وظل في حالة جمود كاملة .

عمل ري وويللوفي Ray et de Willoughby . كدت اني بهذه الملاحظة المتشائمة هذه الدراسة لو لم يظهر في اواخر القرن كتاب ج. ري G. RAY (1627-1705) وصديقه ويللوفي اللذين ادخلا نفساً جديداً . مات هذا الاخير باكراً وكان مساعداً للاول . فاصدر ري كتاب اوتينولوجيا (الطيريات) لويللوفي سنة 1675 وكتاب هيستوريايسوم 1686 Historia Piscium . واكملة بتحري

الكتابين الاولين. واصل بذاته مختصراً عن الأربعيات وعن الحيات في سنة 1693. ولم يصدر كتابه تاريخ الحشرات الا بعد موته سنة 1710.

كان نظام ري Ray مستوحى من نظام ارسطو. فالفقريات قسمت الى رخويات وقشريات وصدفيات وحشرات. وبالمقابل توضح تصنيف الفقريات باستعمال معايير تشريحية. وقد ميز ري الاسماك التي تتنفس بالغلاصم عن غيرها من الفقريات ذات التنفس الرئوي. وبنية القلب اتاحت عزل الزحافات التي ليس لها الا بطين واحد. اما الثدييات والطيور التي لها بطينان فقد انفصلت بفعل ان الاربعيات من الثدييات هي ولودة ومغطاة بالوبر في حين ان الطيور تبيض وعليها لباس من ريش. ولم يكن من الممكن ترك الحوتيات التي هي ثدييات معروفة الى جانب الاسماك واعترف ويلوفني بانها تتنفس بالرئة وانها تتزاوج مثل الاربعيات، وتضع اولاداً احياء صغيراً وانها تتوافق في بنيتها وفي تكوين أعضائها الداخلية مع الاربعيات الولودة. وعلى كل لم يجرؤ ويلوفني على استنتاج أمر كان ثورياً وعيّل إلى ترك الحوتيات بين الاسماك. وكان ري منطقياً أكثر وحذراً أكثر فافرد لها مكاناً خاصاً.

وكان نجاح هذا التصنيف المتعلق بالفقريات قد دل على الاسلوب الذي كان يجب اتباعه لتوضيح عالم اللافقريات. ولكن محاولته كانت مبكرة.

II - التشريح الحيواني

كان علماء الطبيعة في تلك الحقبة يمتلكون علماً عميقاً حول التشريح البشري، يمكن ان يستعمل كمرشد لدراسة الفقريات. وقد شرح العديد من المؤلفين الحيوانات السهلة التناول او الآتية من الحفظائر، ووصفوا تكوينها الداخلي. وكانت هذه البحوث تتابع بدون خطة عامة. وكانت المقارنة تفرض نفسها احياناً، ولكن التشريح المقارن حتى المقصور على الفقريات لم يكن موجوداً بعد.

الا انه سبق لبيلون Belon سنة 1555 ان ابرز المماثلة في بنية الهيكل البشري وبنية العصفور، واضعاً الحيوان في وضع مماثل، واقفاً والجناحان مرخيان على طول الجسم مثل الذراعين. وقد نشر الدروفاندي Aldrovandi هذه الصورة لبيلون Belon.

ووضع ليونارد دافنشي مقارنة دقيقة بين عظام الفخذ والرجل عند الانسان وعظام القسم الخلفي من الحصان. ولكن هذه الامثلة قلما اتبعت.

ولكن م. آ. سفيرينو (1580 - 1656) M.A. Severino الذي كان استاذاً في كلية نابولي، نشر سنة 1645، كتاباً جيداً عن التشريح الحيواني، ركز فيه على التشابه البادي في الحيوانات رغم الفوارق بينها، ولكنه اراد التعميم كثيراً، ووضع مقارنات بدون قيمة بين الحيوانات والنباتات.

وجع المشرع الهولندي ج. بلاس G. Blaes (أو بلازيوس Blasius) في كتابه «تشريح الحيوانات» (1681)، يجمع المعارف المكتسبة حول الحيوانات الرئيسية المنزلية وكذلك حول الاسد

والنمر والضبع والارنب والفأر، والقيل والاييل والجمل ذي السنين الخ. وقسم الكتاب حوالى ستين لوحة فيها الصور الاصلية التي نشرها سابقوه. ولكن بلباس Blaes لم يتبع اية خطة منهجية في العرض، ولم يعالج تباعاً الاعضاء، مما منعه من القيام بعدة مقارنات مفيدة.

ومن بين علماء التشريح الآخرين يمكن ذكر فابريسيو داكواباند نتي Fabricio d'Acquapendente (1533 - 1619) الذي وصف المعدة ذات الاربعة جيوب عند المجترات. وكان واحداً من الاوائل الذين درسوا النمو النطقي عند الفرج، وقد عرف مختلف انماط المشيمات لدى الثدييات وترك صوراً ملونة في التشريح الحيواني.

كان لـ CL. Perrault (1613 - 1688) مترجماً لعلماء الطبيعة في الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس. وكان هؤلاء قد حققوا ابتداءً من 1667 برنامجاً مستمراً في الدراسات التشريحية وفي تشريح الحيوانات. ونشر الطبيب والمهندس بيرو سنة 1671 سلسلة من الدراسات حول الاسد والقنفذ والشعوا والنسر والنعامة والسلاحفا والحيش الخ، اعتبرت مستندات ثمينة وبيرو هو الذي اكتشف الصمام الحلزوني في امعاء الاسماك « السيلاسية » وهي نوع من الاسماك خال من الهيكل العظمي.

ونحن نلدين الى دوفرنى Duverney بعدة مذكرات نشرت بين 1676 و 1693 حول تنظيم الحيوانات التي سبق له ان شرحها: مثل الافعى والنعامة والقنفذ والفهد والفيل. ووصف س. كولنز S.Collins نظامه التشريحي 1685، بصورة خاصة تشريح الطيور والاسماك ونشر ادوار تيزون Ed-ward Tyson دراسات خاصة عن الدلفين 1680 والكروتنال 1683 (حية خبيثة) والابوسوم وهو حيوان يتظاهر بالموت عند الخطر (1698) والشامبزي (1699).

وقد ترك العالم التشريحي والنباتي الدانمركي نيلس ستينسن Niels Steensen (نقولا ستينون Nicolas Sténon) (1638 - 1686) اعمالاً مهمة حول تشريح بقرة البحر او اللبأ (1664) وكلب البحر او القرش (1667)، وحول العديد من الاسماك الخالية من الهيكل العظمي (1673). وفي سنة (1673) ايضاً نشر دراسة حول عضلات النسر. وتعتبر هذه الدراسة من اروع الاعمال التشريحية في ذلك العصر رغم انها لا تتضمن اية صورة. ويبدو الطبيب الهولندي نقولا تولب Nicolas Tulp الذي كان من بين الشخصيات في لوحة درس التشريح التي وضعها رامبرنت Rembrandt. كان هذا الطبيب قد خصص في « ملاحظاته الطبية » (1640) دراسة قصيرة حول « الاورانغ اوتان Orang Outan ». ورغم انه اشار الى ان الحيوان قد اسر في انغولا، فقد ذكر ان هذا الحيوان جريء في بورنيو Bornéo لدرجة انه يهاجم ليس النساء فقط بل الرجال المسلحين. وشدد تولب Tulp بنده ان قدم صورة عن هذا الحيوان، على الشبه العجيب بين هذا الفرد الكبير والانسان. فالوجه والاذان هما كاعضاء الانسان. أما الأطراف فشيبة لدرجة كبرى أكثر من شبه البيضة بالبيضة وهكذا قليلاً تجمعت المواد التي يتيح يوماً ما بناء تشريح مقارن بين الفقريات.

والكلمة استعملت لأول مرة من قبل ن. غرو N.Grew (1675) كعنوان لمذكراته حول الجلد والمعدة والامعاء لدى مختلف الثدييات والطيور والاسماك.

وإذا كان علم الفقريات قد ارتدى درجة من الدقة فإن علم اللاقريات كان بدائياً . كيف استطاع علماء الحيوان أن تلك الحقيقة أن يمتدوا إلى الطريق داخل هذه الآلاف من الحيوانات المركبة وفقاً لخطط بنوية متعددة ومختلفة يجهلون تشرحها الداخلي ، وليس بين أيديهم من مرشد إلا المظاهر الخارجية فقط ؟ وكيف تسنى لهم أن يخلطوا بين صدفية المحارة (الشوكية الجلد) والقطع الكلسية في أجسام الفقريات وتوقعه الخلزون (الرخوية) لتجميع هذه الحيوانات العضوية ضمن مجموعة واحدة هي مجموعة الصدفيات ؟ نذكر أن الطبيب الانكليزي توماس ويلس Thomas Willis ومارتن ليستر Martin Lister درسوا في الربع الأخير من القرن تشرح بعض اللاقريات .

التشريح الميكروسكوبي - لقد سهل استعمال الميكروسكوب الدراسات التشريحية التي بدت الحاجة إليها ملحة . كان الامر يقتضي في اغلب الاحيان مجرد لؤلؤة من الزجاج مژطرة في شفرة معدنية تشكل عدسة قوية . وكانت الأشياء تضاه بنور مباشر وليس بنور شفاف . وكان ر. هوك R.Hooke (1635 - 1703) الذي استعمل ميكروسكوباً معقداً ، راصداً ممتازاً . وقد استعمل للإضاءة نور الشمس المخفف بورقة مزينة اولى زيتية مزودة بكرة من الزجاج مملوءة بالماء وبعدها تستخدم لتركيز النور . ودرس هوك العديد من اللاقريات رسمها فيما بعد على لوحات دقيقة محضورة وضمنها كتابه الميكروغرافيا (1665) : مضرب النحل أو ابرته ارجل واجنحة الذباب ، عين العيسوب ولسان الخلزون والذبابة والعنكبوت والنملة والقراد وعدت الكتب والاوراق والمغرب الكاذبة ، والبقة والقملة ، ودوديات الخل الخ ، وبعد 1625 ، نشر ستلوتي Stelluti وميسي Cesi « آياريوم » حيث رسوم ممتازة لنحلات مراقبة من خلال الميكروسكوب مع شرح مفصل لتشرحها (الرأس والاقسام القعومية ، والقوائم ، والابرة الخ) وهناك ميكروسكوبي ايطالي آخر ، باتيستا اوديرنا Battista Odierna نشر سنة 1644 خطاباً مدحاً بالصنوع حول عين الذبابة .

ودرس ف. ف. ريدي F.Redì (1626 - 1697) في « تجاربه حول نشوء الحشرات » (1668) ، ورسم القمل على مختلف الحيوانات (الماعز والجمل والحمار والابل والدجاجة والوز ، والطاووس ، والسلحفاة) والقردة الطفيلية على النمر ، والحشرات (النمل والذباب) ، والحشرات المتأتية عن جرب الحيوانات ، وعقرب تونس وذبابة عنب اليلسان . وتولى الناس بالملاحظة الدقيقة والمفصلة . ونشر ريدي سنة 1684 كتاباً حول « الحيوانات الحية الموجودة في بطن الحيوانات الحية » وبعد كتابه هذا خير مشاركة مهمة في علم الحيوان . انه كتاب حق حول علم الطفيليات ، حيث وصف اكثر من مئة نوع من الطفيليات (دود معوي ، قزاديات ، حشرات) . وقدم تلميذان لريدي : بونومو Bonomo وميسيتوني Cestoni سنة 1687 اول وصف جيد مصور للقزاديات الجربية (ساركوبت سكاوي) Sarcopites Scabiei .

ونشر الطبيب والعالم الطبيعي مارسلو ماليجي Marcello Malpighi (1628 - 1694) سنة 1669 ، دراسات جيدة حول البومبيكس Bombyx . ودعى دود القز ، وشرحها وتبع غوها وانسلخها . وقد شاهد صنع الشرقة ، ودرس النفقة (العنقاء من الفراشات) ووصف وشرح الفراشات البالغة ،

وعرف أعضاء التنفس، وتشعباتها، وحوصلات الهوائية، وفتحاتها أو مسامها. ووجدتها عند الصرصور، والخنثب، والجراة، والنحلة، وتأكد أن هذه الأنابيب المملوءة بالهواء تلعب عند الحشرات دور الرئتين.

ودرس القلب وقد رآه يخفق، والعضلات، والجهاز الهضمي. واكتشف أنابيب متنية على بعضها عدة مرات، ذات لون أصفر عشي وأصفر زعفراني، شاهدها تنشأ عند التقاء البطين (المعدة) والمعوي. والكليتان في الحيوان هما اللتان تعرفان في المستقبل باسم « أنابيب المبيجي ». ووصف المؤلف عند اليسروع (اللودة قبل تحولها إلى فراشة) الغدد التي تنتج الحرير، وعند الراشدة والأجهزة التناسلية عند الجنسين. وعرض الأعضاء التي يصفها في عدة لوحات. إنها الدراسة الأولى التشريحية الكاملة للافقري. وقد اكتشف فضلاً عن ذلك في سنة 1661 الاوعية الشعرية في رثقي ضفدع.

وكان انطوني فان ليونوك Antony Van Leeuwenhook (1632 – 1723) ملاحظاً بارعاً للحيوانات الميكروسكوبية، كما كان فضولياً وهادياً. وإلى يعزى اكتشاف الكريات الحمراء في الدم، واكتشاف التحزير العرضي في الخيوط العضلية. وكان أول من لاحظ دوران الدم في الاوعية الشعرية. وكان من أوائل الذين رأوا الحيوانات المتوية. وإلى يعود الفضل في تشريح المبيدة [بلع البحر = نوع من الصدف] وأحيائية البرغوث. وتوصل إلى دراسة هذه القشريات الصغيرة التي هي من اليات الملتصقة بالقواقع، وقد أحسن تصويرها وخاصة أرجلها أو عماسها.

وعدا عن الإضاءة المباشرة استعمل ليونوك Leeuwenhoek الفحص عبر الشفافية، الأمر الذي أتاح له اكتشاف الدوديات (روتيفير) والنقاعيات. وتكلم بهذا الشأن عن مخلوقة مسطحة ذات شكل بيضاوي. ولها أرجل دقيقة بشكل لا يصدق وتتحرك بسرعة عظيمة وهذه هي الرموش المتحركة في النقاعات (انفوزوار). واكتشف منها عدة اجناس بل ونجح في مشاهدة البكتيريا (كوكبي Coccis باسيل Bacilles فيريون Vibrions) وذلك في حفش الأسنان.

وهذا المدقق العظيم درس البراغيث فعرف أنها تتوالد بدون بيض 1695: فقد لاحظ أن الأنثى لا تحتوي بيوضاً بل صغاراً كاملي التكوين. وقام بتجارب فعزل الأنثى. ثم فوق غصن من الكاسي (العبر)، مطهر من الطفيليات ومزروع في قنية مملوءة بالماء. وضع عليه أنثى: وخلال 24 ساعة وضعت البرغوة الأولى 9 صغار والثانية 6 صغار. وكان من حظ المؤلف أن شهد عدة ولادات

« قال ليونوك: « الشيء الأكثر غرابة، الذي بدا لي، هو أني لم أكتشف أبداً من هذه الحيوانات، ذات الجسم الوسط دون أن أستطيع أن أستخرج منها صغاراً في طور التكوين... ولم يحدث لي على الإطلاق أن وقعت على أي حيوان يمكن أن يعتبر ذكراً ».

وأثبتت ملاحظات جديدة هذا الغياب للذكر، فاستنتج في سنة 1700 يقول: « يجب أن نفترض أن البراغيث تمتاز بهذه الظاهرة التي لم تلاحظ بعد » أنها تولد صغاراً دون مضاجعة مع الذكر وكانت أول تحقيق حول تولد علري (أي حل بدون إخصاب أو جماع).

بعد ان سبقت الاشارة الى ان كريستيان هويجنس Christiaan Huygens قام منذ 1678 بدراسات مفيدة ميكروسكوبية على البروتوزوير (حيوانات احادية الخلية)، والروتيفير (الدوديات) والنيماتود (السلديات)، يتوجب ان نفرد مكاناً على حدة لجان سوامردام Jan Swammerdam (1637 – 1680). هذا الطبيب لم يمارس عمله، وانصرف الى دراسة تشريح اللافقرات. كانت صحته متدهورة؛ وكان فاقد التوازن تقريباً امام عرافة متصوفة انطوانيت بورينيون Antoinette Bourignon فمات في الفقر وعمره 43 سنة.

ولكن هذا لم يمنعه من انجاز عمل ضخم، نشر معظمه بعد وفاته. فعدا عن دراسة معمقة للحشرات. ظن انه يستطيع انكار تمولّاتها (ميتامورفوز)، شرّح العديد من الحيوانات وكتب، عن تشريحها قارناً وصفه بلوحات فخمة. وعرف بتكوين الحشرات (النحلة، الدبور، اليسوب، النملة، الجرادة، سراح الليل، والجعل والسفانكس) الصّمل (وفراشات النهار والليل والذباب والذباب) اليومي (الزائل الخ) والصدفيات (الباغور) قشرية مقرنة الذنب) والدفني (= برغوت الماء)، والعديد من الرخويات (اللية، الحلزون: توربو، فولوتا فينوس) وبتكوين العقرب والضفدع وصغيرها (تيتار = خرشوف).

ويفضل تشريحه لـ غاستروبود Gastéropode (رخوية معدية الارجل) ذات الرئة من الماء الحلوة اكتشف وعرض صغار هذا النوع التوالدي. ولاحظ في هذا الحيوان وجود (دوديات) هي سبوروسيت الدودة العريضة المثقبة (ترماتود). وشاهدها تخرج من جوفها اليرقات او المذنبات التي اخذت تسيح بسرعة بفضل تجمّج ذيولها

ويمكننا ان نذكر ايضاً الرسام الملون جان غودار (1620 – 1668) Jean Goedaert الذي عرض، بدون ترتيب، في كتابه (1662) كل ما درسه. وقد كان موهوباً للتصوير اكثر من الملاحظة، واكتفى بان اطلق على اليرقة وعلى الفراشة وعلى الذبابة اسماء غريبة، وشاهد يرقة جسمها مملوء بالدوديات خرج منها الذباب. ولكنه لم يفهم منشأ هذه العملية الطقيلية. وهكذا، وبخلال عدة سنوات استطاع مالبيجي Malpighi وليونوك Leeuwenhoek وسوامردام Swammerdam ان يؤسسوا تشريح اللافقرات، وهو اساس ضروري لكل تصنيف لاحق.

الفصل الثاني :

علم وظائف الاعضاء الحيوانية

تمثل الفيزيولوجيا في القرن السابع عشر آخر محطة واقواها للارسطية . واذا كان غاليلي قد انهى فيزياء البيولوجيين . فقد كان لا بد من مرور قرن حتى تتشكل بيولوجيا او علم احياء عند الفيزيائيين .

فالجسم البشري الذي تسكنه الروح يبدو بمنأى عن التمثيل الميكانيكي : لقد كرس امتثناء بواسطة العديد من الحجج . مثلاً لا تشكل العناصر التي تؤلفه مزيجاً بسيطاً بل تركيباً حقيقياً ، الامر الذي يمنع اجراء التجارب او التحاليل عليه . لقد اشارت فيزيولوجيا فرنل 1554 ، وهي في سياق ارسطو ، اشارت الى الفرق بين جمع الاجزاء (اسفنجة مشربة بالماء ، حجارة ويودرة مطحونة او مسحوق) وبين اتحادها .

« إن المقطع ليس حروفه التي يتألف منها : ان « با » ليست تماماً « ب » ثم « ا » ، ولا اللحم يساوي النار والتراب . إذ بعد افتراق العناصر ، ينعدم وجود اللحم والمقطع ، في حين تبقى الأحرف موجودة وكذلك النار والتراب . فالمقطع إذن هوشيء آخر غير الحروف ، الصوتية والمذ . ان المقطع هو شيء آخر . . » (أرسطو ، الميتافيزياء Z ، 17 ترجمة ج . تريكو J. Tricot ص 308) .

ان فكرة المزاج تنطلق من هنا : انها لا تعني تلاقى الطبائع بل توازنها المنسجم .

ويحتفظ القرن 16 ببعض مبادئ ارسطو وغاليلان . ان الحي يعتبر ، كشكل محصور في مادة يحملها .

وعلى كل ان هذه القوة الشاملة المنتشرة في الكل الذي يتحرك بها ، تنحرف بحسب درجة التوحيد والاندماج الناجحة : ويميز هذا الشكل النباتات والحيوانات والبشر . وتقتصر النباتات على وظائف النمو والتغذية والتكاثر ، وظائف تضيف اليها الحيوانية الاحساس والحركة ويضيف اليها الانسان أخيراً الفكر وعواقبه .

ولكن القرن 17، يهاجم هذه الفيزيولوجيا اللامادية الغائبة والتراتبية .

هذا الصراع الذي لا هوادة فيه ولّد التشريح الحديث - الأكثر بعداً عن المخادعة من علم الفلك - ويصف الحقيقة أقل مما يعرضها، ويسحبها من القدرات التي تعتم عليها، وبصورة خاصة يحاول أن يستمدّ تفسير عملها من مجرد ترتيب أو تصوير الاجزاء . وباختصار اكملت المدرسة الايطالية، مدرسة بادو Padoue، وخلفاء فيزال Vésale وفالوب Fallope وكولومبو Colombo ودوستاتش d'Eustache غاليليه الذي علم في مدينتهم منذ 1592 .

التقاش حول القدرات الإنبائية : التمثل والمهضم - هل لأن الفيزيولوجيا الإنبائية قد صفت في أسفل درجات السلم ولأنها المثلة أكثر من غيرها بالمادية ، كانت الأكثر تطوراً في القرن 17 ؟ وإذا كانت الوظيفة الغذائية ، والمهضم ، لم يتوضّحا إلا في القرن 18 ، إلا أن القرن 17 عرف كيف يتساءل حولها . هذه العملية ، عملية التعصير (تحويل الطعام الى عصارة) فيها ما يعجب ويأسر :

يقول كورودي لاشامبر Cureau de la Chambre : « انه لشيء مذهم ان تتحول لحوم سوداء او حمراء او خضراء الى البياض يمثل هذه السهولة ، وان تصبح الاشياء المرة او الحادة او المالحة لطيفة بهذه السرعة ، وان الاشياء القاسية والكثيفة تتحول سوائل ولطائف ، وان تتحول اللطائف الى كثافات » (نظرات اخرى حول المهضم ، 1636 ، ص 31)⁽¹⁾.

يومئذ ثبت ان هذا التحول لا يتم بفعل طهو بسيط : ان الحيوانات الباردة تهمضم . كما ان الحيوانات (الكواسر والطيور والحيات) ترسل ومضات غير مباشرة : لأن بعضها يلتهم بدون علك ، وقد استبعد التفسير الميكانيكي للهرس . وقد جرى البحث عن نموذج تفسيري : فلم يعد يمكن الركون الى الصورة المألوفة حول الطبخ ولا الى الرسمة الفيزيائية للتحريك او الحفص . ورد فان هلمونت Van Helmont في كتابه « حول المهضم » التمثل الى سلسلة من العمليات التخمرية ، بل انه ذهب الى ابعد : ففصل بقوة الاشياء المملوءة (الاميد) عن الاشياء الامعائية (القلوية) ، وحلل العصارة المملوءة وفرض بصورة خاصة ، في هذا المجال ، حلاً بيولوجياً كيميائياً :

« ان المدارس » وقد ضللتها الحرارة الملموسة في الحيوانات، كما ضللتها استعارتها العادية، تشبه المهضم بالطنجرة التي تغلي، وتظن ان الحرارة هي السبب الطبيعي والفعال في المهضم وفي كل العمليات من ذات الطبيعة... الا ان اعتبار اللحوم (رغم طهوها) لا تنقلب تماماً الى عصارة حلينية

(1) ان هذا المؤلف لكورودي لاشامبر Cureau de la chambre ، لم يشتهر بفكره الغريبة بقدر ما اشتهر بمقدمته العنيفة : انه يتنادي بان الوقت قد حان لتترك اللاتينية كلغة للعلم : اما لغة سالحة لكتابة الاساطير او كتابة التاريخ الماضي ، انها اعجز من ان تستخدم لاستطلاق الطبيعة ، الموجودة الحاضرة... (راجع فضلاً عن ذلك ، ف. برونو : تاريخ اللغة الفرنسية جلد III ، قسم 2 (1600 - 1660) ، ص 715).

ولكن الخيوط تبقى دائماً كما هي ، مَرَقْ مركزه ، فمهما برع دعاة هذه المدارس في تفسير ذلك ، فإن الواقع يحملهم على التردد في آرائهم . . .

وهكذا تمحلت الفيزيولوجيا المضمية عن بعض رواياتها ، وإن هي لم تحل المشكلة حقاً ، فقد عرفت ، في القرن 17 كيف تمجدها . ولم يعد امام ريو مور Réaumur وسبالانزاني Spallanzani الا ان يكملوا الحركة التي اطلقها فان هلمونت Van Helmont ، الذي يعتبر رائد البيوكيمياء (علم الاحياء الكيميائي) .

مسألة أخرى حول الاتباتي : التوالد المضيوي والانجاب - ولكن النقاش تناول بشكل خاص اهم الوظائف النباتية = التوالد والتناسل او الانجاب . ويقدر ما هي إنباتية ، حتى في اواخر القرن (مع كامرياروس) Camerarius أَقَرَّ بالجنس ايضاً للنباتات . فالارسطية ، بعد مراجعة غاليلان لها وتحسينها ، زادت في اهمية هذه المسألة بمقدار ما عجزت الميكانيكا الطبية عن استنباط تكوين الكائن الحي وتكونه التدريجي من قوانين المادة فقط ومن الحركة . هذا الفشل الذي اصاب التخلق التعاقبي (épigénèses) زود البيولوجيا بالقدرات . ولم تحل البيولوجيا من القوة فهي تعرف حاجة الانجاب الى شخصين من جنس مختلف . وإذا كان البذار اللكري يوصل الحياة ، فانه لا يستطيع تحقيقها مادياً ، بل تفعلها ، دون أن يدخل من الرحم . وبالتالي فإنه ينقل تأثيراً أو قوة تكوينية . أما الأنثى من جهتها فتقدم الأرض أو المادة الضرورية لنمو النطفة .

وكتاب هارفي Harvey « أكرستياسيون دي جنراسيون انيماليوم » Exercitations de generatione animalium (1651) جاء ليؤكد الحل الارسطي . تتبع هارفي Harvey بدقة النمو النطفوي عند الفروخ ، وشرح الظباء وأثاث الايل التي سمح له الملك شارل الاول بنشرها : وبعد ملاحظاته الغى الفرق بين البياضات والولادات . ومن هنا سارت الكلمة Ex ovo omnia . لا شك انه خلط بين البياضة والنطفة في الايام الاولى يومئذ وربط ايضاً بين الحيوانات التي تبيض قبل الاخصاب والتلديات التي تمكس الاحاين وتبيض بعد الاخصاب . وتذكر دائماً حالة السمك الذكر الذي يرش ويغصب من الخارج البيوض ، لان البذار لا يفعل الا بفعل الفوج او الرائحة .

وبصورة تدريجية توضحت عملية « البيض » (Ovisme) في كتاب « موسكولوس . . . » De Musculis لستينون (1664)، وفي برودروموس (1668) لفان هورن ، والاثروبوجينيا لكريون (1671) وخاصة كتاب « موليوروم » Mulierum (1672) لرينه دي غراف Regnier de Graaf ويستخلص منها ان المبيض ، الذي خلف الرحم ، هو الذي يتزل البيض ، وعن طريق القنوات تصل البيوض الى الرحم . وهكذا اخذ تشريح وفيزيولوجية البيض تخرج من لبهامها الاول . وهناك تجربة من بين تجارب أثبتت وجود انتقال « للبذار الاثروي » : ان ربط الاتايب يوقف كل امكانية اخصاب .

ولكن ليونوك Leeuwenhoek سنة 1677 ارسل إلى الجمعية الملكية رسالة يصف فيها الحيوانات المنوية ، المتحركة بدورها . واكد العالم الميكروسكوبي هارتسوكر Hartsoeker ، في مراسلاته

مع هويجنس (1678) Huygens على وجودها (انها ليست خيوطاً مبهمه، تحركها الحرارة) وعلى صفاتها .

مثل هذا الاكتشاف يعارض النظرية البيضية التي ترى ان النطفة قائمة في البيضة . اما الحيويين المنوي ، فبالعكس ، انه هو الكائن الحي بحق ، واذن فهو حامل النطفة . وتحت ضغط الوقائع . كان لا بد من الاتجاه نحو نظرية « البويضة الدودة » اي الاعتراف بدور ضروري للسائلين ولكن العائق الرئيسي ضد المزج والتركيب بينها يقع ابعد من ذلك .

هناك مسألة اكثر اهمية ، تأتي على هامش السابقة ، وتسيطر على فيزيولوجيا القرن 17 : انها مسألة الخلق والتكوين اكثر مما هي مسألة انماط او ظروف التكوين : او ان هناك اوالية (ميكانيكسم) دقيقة تحاول عبثاً ان تبني الكائن الحي بحسب قوانين المادة فقط او هناك ، ونظراً لاستحالة مشاهدة هذا الصنع ، لا بد من القول « يسبق وجود » كائن حي في « البذار » ، يجب اقتراضه ، لاننا لا نستطيع تكوينه . وفي هذه الفرضية تطرح مسألة ثانوية نفسها لمعرفة اي من الاثنين البويضة او الحيويين يحتوي النطفة .

وحى اذا بدا وجود الاثنين ضرورياً ، فان نظرية الايبجنتيك épigénétique (القول بان الجنين يتكون بسلسلة من التشكلات المتعاقبة) ، كما نظرية التراكب او الورج ، تصطم بمسألة الاورغانوجينيز Organogenèse (نظرية سبق تولد الاعضاء وتكونها في الجنين بل والنطفة) : كيف يولد وكيف يتحقق وجود الكائن الحي ؟ تجميع عفوي عارض للاجزاء او مجرد امتداد جوهر ؟ لقد عجز الفيزيائيون الجلد ، والقائلون « بسبق التكوين » ، من جهةهم ، استبعدوا المشكلة دون ان يحلوها . وفي آخر القرن 17 ، سوف تدافعهم جميعاً الاعتراضات . ولكن الفكر لم يستطع الا التراجع بين العودة الى المادة العارية او اللجوء الى إله واحد خالق . ان العلوم المتعلقة بالنمو والتنظيم لا يمكن ان تنشأ في القرن 17 . فلزدهارها يفترض مقدمات عديدة تطرح بالضغط على بساط البحث ، ويأتى واحد ، إله المتألمين وكون الميكانيكيين ، اللذين يكمل بعضهم بعضاً أكثر مما يتعارضون رغم المظاهر .

اكتشاف الدورات الثلاث - ولكن الفيزيولوجيا المتعاقسة والغاطسة في مشاكل القرن 17 ، سرعان ما ستتححر : فبشأن الدورة الدموية ، وهي حركة تقع ظاهرياً ، في نظر المؤلفين عند حدود الإنبائي الاحساسى الدقيق ، وفوق الغذائي ، انما متخلفة عن القدرة المحركة (تكون الافكار ، حركة القلب والشرائين ، التنفس) . هذا الاكتشاف اوضح مجعلاً مخالفاً للمألوف الاعراب عنه لم يتم الا على مراحل ومزقاً مزقاً . وكان ان ادرك هارفي Harvey وحده المجمع (1628)

والحق يقال ، ان العدد ليس دورة واحدة بل ثلاث دورات . الاولى ، الصغرى ، تتعلق بمرور الدم الذاهب من البطين الايمن من القلب ، الى الرئتين ، ثم منها يعود الى البطين الايسر ، وكانت هذه الدورة قد وصفت من قبل ميشال سرفت Michel Servet سنة 1553 في كتابه « كريستيانيسمي رستيتيوسو » Christienismi Restitutio ثم اخذها عنه فيزال Vésale 1555 وكولومبو Colombo

1559⁽¹⁾. ولكن التساؤل لماذا وصفت هذه النظرية في كتاب لاهوتي ؟ اجاب على هذا السؤال فيزيولوجي شهير بما يلي :

« ورد في الكتابات المقدسة ان الروح هي في الدم، بل ان الروح هي الدم بالذات. ويقول سرفت : لكي نعرف كيف تتكون الروح، يجب ان نعرف كيف يتكون الدم، ولمعرفة كيفية تكونه يجب ان نعرف كيف يتحرك... من هذا الدم بالذات، الذي تشكل منه الروح تتكون النفوس او العقول... ان النفس الحياتية تتكون من مزج الهواء، المأخوذ بالشهيق، بالدم الذي يرسله البطين الايمن الى البطين الايسر، مزج يتم في الرئتين، إذ يجب ان لا نعتقد كما يقال عادة ان الدم يمر من بطين الى آخر بواسطة عمرات بينها. انه لا يمر من بطين الى بطين الا بعد اجتياز الرئتين ». (حول اكتشاف الدورة الدموية، جريدة العلماء، نيسان 1854 ص 194) .

ولكن الثانية، الدورة الكبرى، تكمل الاولى: في سنة 1593 لاحظ العالم النابلي سيزالينو Cesalpino (كستورني بريباتيتيكا) (Quaestiones Peripateticae) اننا اذا ربطنا اوادة الذراع، فان تدفق الدم يتجمع لا فوق الرباط بل تحته. يدل ذلك على ان الاودة تأخذ الدم الى القلب وليس العكس.

وعقب 1574، وصف فابريسيو داكوابندنتي Fabricio d'Acquapendente بدقة صمامات داخل بعض الاودة. وهذه الصمامات تساعد على صعود او عودة الدم. ولكن اذا كان فابريسيو -ricio وسيزالينو Cesalpino اول من وضعها الأسس الأولى. للفيزيولوجيا المتعلقة بدورة الدم، فان هارفي Harvey هو الذي جمع العناصر المتناثرة، واستخرج بوضوح الوظيفة.

وكتابه لسنة 1628 « اكزرسيتاسيون... Exercitationes » يلفت النظر بقوة المجموع الاستثنائية اكثر مما يلفت بتنوع الحجج المستعملة (التشريح للمقارن، الحسابات الدقيقة، الدعامات الجينية) .

وهكذا « كلما كانت الشرايين اقرب الى القلب كلما زادت اختلافاً عن تركيب الاودة وكلما كانت اقوى واشد تماسكاً. ولكنها في تشعباتها الاخيرة، كما في اليد والقدم والدماغ وأغشية الاعضاء والخصيات، ذات بنية متشابهة حتى يصعب تمييز بعضها عن بعض بمجرد فحص اغشيتها... وكلما كانت الشرايين ابعد عن القلب كلما قلّ اهتزازها بالنبضة التي تتوزع على مجموع واسع » (ترجمة ش ريشه Ch. Richet، 1879، ص 174) .

ليس هذا استباقاً للمبيجي Malpighi، سيد الوصف الدقيق والذي سرعان ما سوف يكشف

(1) ان منشأ هذه النظرية قد سبق وذكر من قبل ر. أرنالديز R. Arnaldez (مجلد 1، القسم الثالث، الفصل 2) ومن قبل م. د. غريماك M.D. Grmek (للمجلد 2، القسم الأول، الكتاب 2، الفصل 3) .

عن الشبكة الشعرية الشريانية الوريدية (1661) ؟ لقد ارتكزت الفيزيولوجيا الهارفية بشكل خاص على التشريح المقارن وبشكل منهجي :

« ان خطأ التشريحيين المتكاثرين، انهم ارادوا الكلام عن اعضاء الحيوانات، والتعرف اليها، قاصرين درسهم على الانسان، وحتى على الجنة البشرية، متصرفين مثل اولئك الذين يريدون معرفة السياسة من دستور بلد واحد . . . عند الاسماك التي ليس لها الا بطين واحد (لان ليس لها رئة)، تبدو علاقة القلب بالاوردة سهلة الرؤية » (ص 91) .

او حتى : « الانرى ، في البيض الذي تحضنه دجاجة وفي الاجنة المنتزعة من رحم بعض الحيوانات، القلب يتحرك كما عند الراشدين ؟ » (ص 95) .

من دفة الى دفة يثير كتاب « دي موتو » De Motu الدهشة بفعل حسه العملي الحاد، وبجرأة فرضياته، وبمنطقه الدقيق : معه ولاول مرة، تحررت حركة بيولوجية حقيقية، مرئية في مجملها، محللة حتى في اواخر نتائجها : « ولهذا السبب تفعل الادوية الملصقة من الخارج كما لو كانت تتبلغ . . ان الاوردة تتخص من مسامها المواد المطبقة على الجلد وتدخلها في الدم . » (ص 154) .

ذكرنا ثلاث دورات دموية : الثالثة، مستقلة ومختلفة عن الاولين، وهي ترتدي، من جراء هذا اهمية لا تنكر . ولم نثر بدون نقاش رغم انها ليست اقل ثورية من السابقتين . من ذلك ان ج. أسيلي G. Aselli وهو مشرح من باقي قام سنة 1622، ويقصد التثبت من دور الاعصاب وتأثيرها وكذلك من تكوينها، يثنى الغشاء الحاجز، ولكنه قلما استلفته حركات الصدر بل الاوعية البيضاء كلياً .

وربط هذا الوجود بالواقعة ان الكلب قد أخذ للتو طعامه : في الحيوان الصائم، لا يمكن ان نشاهد هنا هذا النوع الرابع من الاوعية Mesaraique (بعد الاعصاب، الشرايين والاوردة) . لقد

سبق لـ استاشي Eustacchi سنة 1553 أن وصف مسافة الوريد الصلدي . ولكن جان بيكت Jean Pecquet (في الدورة الدموية . 1651، وفي الصدر . . . 1651) رسم خارطة هذه الشبكة الجديدة للمفاوية والغذبية (العقدية) . ان عروق الكيلوس [المادة الغذائية التي يتحول اليها الطعام بعد الهضم] تتصل في خزان (يسمى خزان بيكت) Pecquet ثم عبر قناة استاش Eustache، تنضم الى الاوردة تحت الترقوة [عظم اعل الصدر] . نتيجة عظيمة، احدثت الكثير من الانقلابات ومنها « الدورة الكبرى » : ان الكيلوس Chyle (اي بعض الاطعمة المهضومة) لا يمر عبر الكبد، المغالة من مكانها المركزي، ان الغذاء قد يذهب مباشرة الى الدم عن طريق الاوعية للمفاوية، واخيراً وعمم الدانركي توماس بارتولين Thomas Bartholin (الاوردة للمفاوية 1653) النظام : في الكبد بالذات، اكتشف اوعية غير مملوءة بالكيلوس Chyle الابيض الهضمي، بل لمفاً شفافاً، مرئياً على كل حيوان صائم، وبصورة خاصة، الارطة، واثبت دوة هذا السائل : ضربة جديدة، نوعاً ما، صوت للغدة الكبدية ولسياستها الفيزيولوجية .

الفيزيولوجيا الحسية المجركة - الحيوان الآلة - تتميز الحياة الحيوانية بالحسية وبالحركية

وتشكل الفصل الاعلى في الفيزيولوجيا. ومنذ زمن بعيد، كان غاليلان قد عبّد الطريق، وفصل الاعصاب الحسية (الطرية) والاعصاب (القاسية) وانزل القلب الارسطي عن عرشه، وكشف أهمية الدماغ، وركز في المخيخ أصل هذه «النسمة» Pneuma التي تسري في الاعصاب، وتضخم العضلات وتتحكم بالحركات.

في القرن السابع عشر ضخم ديكارت هذا الاسلوب في الرؤية : ان الارواح الحيوانية ، التي ليس لها من الروح الا الاسم ، والتي هي دوماً تعمل ودوماً في غليان ، لانها تتولد من حرارة القلب، وتتفرع من الدم الحار، تفسر الحركات الاوتوماتيكية المعقدة، التي تنفذها الحيوانات. والخوافر الحسية التي شبهها ديكارت باصابع لأعب الارغن على المفاتيح، تشغل بصورة غير مباشرة مجرى الافكار. وأصبحت الغدة الصنوبرية المركز الذي اليه تصل الأوامر الآتية وعنه تصدر الأجوبة، وحيث أيضاً يمكن ان تتحول الافكار، عند اللزوم، الى حركات. اتنا الى حد ما، وبشكل صريح امام نوع من «المنظم ذي الكرات» المكيف بصورة خاصة. وبحسب الوسط، فان تغييراته، والضغطات المتنوعة فيه، تغلق ابواب الدخول او تتدافع. آلة ذات تسيير ذاتي كامل وغائي هادف لانه ينتظم ويتجاوب مع مقتضيات الوسط .

ولكن الفيزيولوجيا العصبية Neurophysiologie في القرن 17 عاشت بصورة رئيسية على معارضتها، المُتَّعَمَة الى حد ما، لهذا المفهوم، لهذا النظام الذي عاضده واغناه الكثير من الفيزيائيين :

1- من ذلك ان البعض حاولوا ابدال «الرسيمة الحرارية» باخرى كيميائية، اكثر نجاساً مع الظواهر العصبية في حالات الاهتياج، والرجفة والاضطراب او الاختلاج. ان التقلص العضلي يحصل تصوره عندئذ وفقاً لتفجر داخلي، خاصة اذا كانت الشبكات العصبية (الحسية والمحركة) لا يعود باستطاعتها ان تشكل انابيب واربطة ، ولا العضلات ان تكون خزانات. وجدد تيوفيل ويليس Th. Willis ، كما بين ج. غانغويلهم G. Ganguihem : في كتابه «في المحرك العضلي 1670» عرض ويليس تفسيراً قوياً غير ديكارتي للتقلص ، وفوق ذلك ايضاً ، أبرز ويليس ، وهو الاول في هذا، حقيقة الانعكاس، وفُرز من هذا الواقع مظهرين من الاجوبة : «الحركة العفوية او الارادية، المحكومة بالنفس الدماغية، والحركات الطبيعية او غير الارادية المحكومة بالنفس المخيخية»⁽¹⁾. واذا كان جوهر النيرولوجيا «علم الخلايا العصبية» يكمن في تحليل الاعمال المتفلة، بدون جدل ولا نزاع، فان ويليس Willis ، انتح واسر. حقلاً جديداً للتجريب. وقامت مقاومات واعتراضات، من ذلك ان ريجيس Régis الديكارتي :

«لا يمكن تصور كيف ان تخمراً يبدأ ويتوقف حالما يكون من الضروري ان يبدأ ويتوقف من اجل تحريك اصابع ضارب الارغن او لاعب اللوث (القصبة) وبالسعة التي يحرك بها هذه الاصابع»

(1) ج. غانغويلهم ، «La formation du concept de réflexe au XVII^e siècle» ، باريس ، 1955 ، ص 72 .

(نظام الفلسفة ، مجلد II ، 1690 ، ص 538)

2 - والنصف الثاني من القرن 17 سوف يكون مفتوحاً امام مسألة معرفة هل السلوك الحيواني يمكن ان يرد الى نوع من الآلية الأوتوماتية ام انه يجب الاعتراف للحيوانات بنوع من النفس . وهي مسألة سيكولوجية فيزيولوجية واسعة ، جرى بحثها كثيراً ، وفيها تصادم التولوجيون والميتافيزيكيون والاطباء ورجال الادب (لافونتين خطاب الى مدام دي لاسابلير De la Sablière حول نفوس الحيوانات) : ان الديكارتية بتفسيراتها الميكانيكية رأت ان من واجبها التراجع . وضمن ملاحظات شديدة التنوع ، وحجج قليلة تفاوتت بقوتها قام اليسوعي بارديز Pardies (خطاب حول معرفة الحيوانات 1672) ، والاوراتوري [عضو جمعية كنسية] ج. ب. دو هاميل J.B. DE Hamel (محرك الجسد 1673) ، والطبيب لامي Lamy (خطاب في الاناتوميا 1675) ، وخاصة ويليس Willis (أنبيا بروتورم 1672) ينازعون المكتنة ويدعون الى حركة طبيعية وحتى الى نوع من الاحيائية . وتدل بعض عناوين فصول كتاب ويليس Willis على طرحة :

الفصل 2 - Animam brute esse corpoream et ingeam

الفصل 4 - De Scientia sive Cogitatione brutorum...

الفصل 7 - Anima corporea sive Brutorum...

الا ان كوردموا Cordemoy (تمجيز الجسد والنفس ضمن ثلاثة خطابات 1666) ، وروهلث Rohault (محادثات حول الفلسفة 1671) أو ديلى Dilly (في نفس الحيوانات ، 1676) قاوما هذه النظرية « الجسم الحي Anima Corporea » ولم يردوا ان يروا في الاحسام الا مجموعات « مائية هوائية » .

« اني ارى مثلاً اننا نملأ كل يوم ساعة دقاقة ولا ارى اننا نعيء آلة كلب . فقلت له : كل الالات لا تعب بنفس الشكل ، وليست كلها ذات عوائق او اثقال ، كمبادئ لحركاتها . ان ساعة الجيب ذات زنبرك ، لها آلة لا دارتها . وبعض مدورات السفود ، لها دخان المدخنة يديرها . اما الطواحين فلها الماء والهواء . واما ميزان الحرارة فمحركة الحرارة او البرودة في الهواء وميزان الطقس والارتفاعات تحركه الجاذبية الارضية . وميزان الرطوبة تحركه درجات الرطوبة والحيوانات تحركها اطعمتها ، بحيث يمكن القول ان الائنات تعباً كلياً اعطيت لتأكل او تشرب » (روهولث Rohault ، محادثات ، صفحة 153) . لا شك ان روايت البنائين يومئذ ساعدت على مقارنة الجسم بالالة « جسم آلة » .

« ان التمثال الحديدي الذي استطاع سجين في الزمن القديم ، بمهارته ان يوصله بعد عدة الاعيب الى قصر ملك مراکش ، لكي يقدم له راکعاً استرحامه ، ويعلمه عاد هذا التمثال الى سجنه ، هذا ايضاً امر ملحوظ ، وكذلك رأس الأجر الذي صنعه البير الكبير Albert le Grand الذي تلقظ ببعض الكلمات .

والهدف الذي حلده لنفسه م . ريزيلوس M. Reiselius ، منذ عدة سنوات ، كما اشرنا نحن الى

ذلك في غير هذا المكان، وبعد ان توصل الى تنفيذه... هو ايضاً اكثر اثاراً للاعجاب. انها ليست حركة خارجية لا عابثة، وتقتصر فقط على بعض اجزاء الجسم والذي اجبر الالة على تنفيذه، مثل كل الآخرين - انها عملية شاملة ومشاركة في كل عادات الجسم، واساسية بالنسبة الى حياة الانسان : انها دورة الدم والارواح «(جريدة العلماء، صفحة 501، نهار الاثنين 22 نوفمبر (تشرين الثاني) 1683).

3 - وهناك مسألة اخرى : ان الامتياز الممنوح للغدة الصنوبرية هل هو في غير عمله ؟ على هذا سحب المهندس الشهير والعالم التشريحي والحيواني ايضاً، كلود بيرولت Claude Perrault، سحب قطعاً قطعاً، من حيوانات مختلفة، نصف طاسة الدماغ، وتوصل، ضمن هذه الشروط الى اكتشاف وظائف اولية للمخيخ (الذي كان مرشحاً لسيادة طويلة) وكذلك للنخاع الطويل (دودة الظهر). وهكذا زعم احد دعائم البناء الميكانيكي عند الديكارتين (وكذلك فعل بذات الوقت كيميائيو التخدير وعلماء البسيكوفيزيولوجيا بالنسبة الى السلوك الحيواني).

التمييز بين الحياة والفكر في الحياة - . واخيراً، وعلى ثلاثة مستويات (انباتي، دوران الدم، ونحريك) لمعت فيزيولوجيا القرن السابع عشر بنتائجها اكثر مما لمعت بالتجربة الجريئة والمنهجية التي حركتها

ونذكر اولاً ان الفيزيولوجيا لم تنتظر القرن السابع عشر لكي تتطور : لقد ركز اسسها غاليلان Galien وعرف اساس مناهجها. اما العملية الطبية التي تميز بها هذا العصر، فان كانت مدينه الى غاليلي بازدهارها (حتى ان المدرسة الايطالية الشهيرة، مدرسة بوريلي Borelli وبليني Bellini وباغليفي Baglivi، استطاعت تطبيق قوانين الميكروليك على الحركات وعلى الوظائف العضوية)، ان هذه العملية الطبية قد استمرت بحركة كانت سابقة وموجودة مستلهمة من الفيزاغورية. وعاد سانتوريو Santorio الى مبادئ نقولا دي كوي Nicolas de Cues (دي ستاتيسيس اكسيرماتيس، 1450) وكان الأول من بين كشميرين الذي لجأ الى آلات القياس : في هذا الامتداد، وضمن هذا الخط، اخترع سانتوريو Sphygmometre سفيغموماتر، واستخدم ميزان الحرارة، واوجد ايضاً الستاتيكا الطبي (1614)، الذي بواسطة مقعد مربوط بميزان، يمكن من وزن ما يلمسه الانسان، وما يفقده او يخرج من عرق وابخرة. ولكن الشجرة يجب ان لا تحفي الغابة، وبهذا المعنى، ومنذ القرون الوسطى، ولعدة اسباب سرت الدعوة الى تقليص البيولوجيا وقصرها على الميكانيك الخالص، كما دعا البعض الى تشبيه الظواهرات النوعية في الحياة بالكميات (بحال الاشكال) : منذ كتاب كانتيناباس... Quantitatibus لريكار Ricart، حتى العليد من «العددين» في القرن الخامس عشر والسادس عشر من ليونارد دا فينشي، حتى مارلياني Marliani.

وبالاختصار لا محاولة تصنيف الكائن الحي تحت عنوان الفيزياء، ولا وصف الاجسام الحية، يتيميان الى القرن السابع عشر بخاصة. وبالمقابل ان هذا القرن يتميز بجرأة في النهج والطريقة لا مثيل

لها : انها عاولة المكننة الى اقصى حد بعد ان بررتها الميتافيزيا . انه تاويل مُسرف ولكنه خصب لانه طرد الارواح او القدرات التي لا تترك ، شجع علم التشريح الميكلي كما شجع اكثر ، بعد تشبيه الحيوان بالجهاز (الساعة الشهيرة او الارغن) كما دعا الى فهمها فهماً كاملاً . فضلاً عن ذلك لم يجهل ديكارت الاتحاد الجوهري بين الجسد والروح ، ولكن هذه الحياة المباشرة ليس لها اية علاقة ، في مجملها ، بنظرية الحياة . ان الوجود وجوه الوجود منفصلان تماماً لان الثاني يستطيع ان يتمدد بحرية دون ان يتأثر أو يعاقب باصطناع الأول . وحرر ديكارت فضاءً مفهوماً خالصاً ، كما حرره من المفهومية المحدودة بالمكان .

وهذه البيولوجيا التي لا تستند على الشعور او تجربة الحياة سوف تُحسن من جميع الجهات : من قبل الفيزيائيين الذين لم يفصلوا تحليل الاجسام وتفحص الاحياء (من كلود بيرولت Cl. Perrault الى هويجنس Huygens ومن ماريوت Mariotte الى روبر بويل Robert Boyle) ، وبواسطة الآلات الجديدة ، الات العلم التجريدي ، وخاصة الميكروسكوب ، ويعوامل اعم ايضاً مثل الآلية التي تنشر وتذيع ، والعديد من الجمعيات العلمية التي تكونت ، مثل الاكاديميات او حتى الصحف التي نشرت العقيدة الجديدة . وهكذا خدمت المكننة المنهجية غير المحدودة ، البيولوجيا : أخرجتها من محورها التجريبي واثارت فيها فيما بعد حساً نقدياً وضعياً سوف يعطلها . انها عاصفة جذلية من الاستخدام والرفض .

ولكي نختصر ايضاً ، ان لم نبسط ، يبدو ان الفيزيولوجيا بخلال القرن السابع عشر ، كانت سائرة وتركزت ارضها التي نشأت فيها : لقد ولدت في ايطاليا ، ونمت بصورة رئيسية في القرن السادس عشر حيث ولد التشريح والبيولوجيا التي نتجت عنه . وصعدت الفيزيولوجيا بصورة تدريجية نحو هولندا حيث جدها الميكروسكوب واعطاها وضوحاً (سوامردام Swammerdam وليوونسوك Leeuwenhoek) . وسرعان ما وجدت في فرنسا ارضها وبهاها . ولكن التجريبيين الانكليز - روبر هوك Robert Hooke (ميكروغرافيا ، 1665) وروبر بويل Robert Boyle (نوفا اكسبريمنتا ، 1671 ، ومديسينا ايدروستاتيكا 1693) وويليس Willis ، بانتظار نيوتن نفسه - حركوها ونقلوها من الكيمياء التخميرية إلى كيمياء القوة والطاقة .

وغيرت الفيزيولوجيا سواحلها . وانتقلت بصورة غير محسومة من الجنوب الى الشمال ، من عالم المتوسط حيث تكونت وتصورت الى انكلترا حيث بدأت من جديد .

الفصل الثالث : الطب

لم يبد القرن السابع عشر، لأول وهلة، ربما، كمصر باهر اذا قورن بالقرن الماضي الذي تحل عن الطب القديم واتجه نحو طب الملاحظة الدقيقة ، التي هي المصدر الوحيد الممكن للاكتشافات الجديدة. الا ان هذا ليس الا مظهر لان كل اساليب العمل المستحدثة في عصر النهضة كانت ما تزال تستعمل بعده، الا ان البلور الغنية التي انتشرت قد استخدمت واخذت تعطي ثمارها. واذا كان القرن السادس عشر، قبل كل شيء هو عصر التشريح ؛ فان القرن السابع عشر كان عصر الفيزيولوجيا، وهو علم مرتبط باحكام بالعلم السابق اي التشريح ولدة طويلة ، ولكنه لم يكن ليزدهر الا على اساس من المعارف التشريحية المتينة والمقررة بصورة مسبقة. لا شك ان القرن السابع عشر قد عرف ايضاً تشريعيين، ولكن الكتب الكبرى قد كتبت . واذا كان القرن السابع عشر قد عرف اطباء مشهورين ، في مجالات متنوعة ، الا ان هذا القرن الجديد سوف يظل قرن هارفي Harvey، نظراً لان اكتشافه للدورة الدموية الكبرى اجّدت انقلابات في معتقدات عمرها الاف السنين . اما نتائجه في معرفة الطب الحديث فكانت لا تحصى .

وعلى كُـلِّ ، نحن وضعنا انفسنا على صعيد اعم، واذا تذكرنا بأن الطب كان مشتقاً من الفلسفة؛ فان اسماء : غاليليه Galilée وديكارت Descartes وفرنسيس باكون Francis Bacon ونيوتن Newton وليبنيز Leibniz، تستحق ان تذكر، نظراً لما كان هؤلاء الرجال من اثر على الفكر الفلسفي والعلمي لدى معاصريهم . وتعود مؤلفاتهم، باستمرار الى ذاكرة العلماء وهم يسألون بحرارة عن اسرار الجسم البشري .

I - التشريح البشري

ان اكتشاف الميكروسكوب سوف يوسع بشكل ضخم حفل الاستقصاء عند التشريعيين، وسوف يخلق علماً جديداً هو التشريح الميكروسكوبي . ومن بين فروع التشريح هناك فرع علم تشريح العظام ، وهو العلم الذي خضع لمعالجات كثيرة ، ربما لانه كان اسهل تناولاً . الا انهم لم يكونوا يرون فيه الا فصلاً مؤدياً الى دراسة طب العظام .

ان التشريح لم يقتصر دائماً على عمل علماء التشريح . فالكثير من الجراحين بل والأطباء انصرفوا اليه أيضاً . وعظام الجمجمة كانت موضوع أبحاث عديدة ، وخاصة العظم الإسفنجي والعظم الغريالي ، وأيضاً العظام ذات الأحجام الصغيرة . وكان مبحث العضلات ذا مقام أيضاً ، فدرست مثلاً العضلات المحركة للعظام الصغيرة . وبين نقولا ستينون Nicolas Sténon بأنه يجب اعتبار القلب عضلة ، وكان في هذا تجديداً كان له وقع كبير

اما البحث في الاوعية الدموية فقد لاقى اهتماماً كبيراً بفضل هارفي Harvey . وجرى التعمق أيضاً في نقاط تفصيلية مثل الدورة الكورونية (الناتجة في القلب) كما جرى الاهتمام أيضاً في طبابة القلب . وتنفخ جدران الشرايين لاقى اهتماماً من العديد من العلماء الذين عاجلوه أما طبيباً واما بالجراحة . ونشر الى خطأ قبل لمدة طويلة ، وتناول الشعريات النيرة ولفاوية . مما يدل على ان المراقبة الدقيقة لم تكن دائماً مطبقة .

ان علم النيرولوجيا هو احد اقسام التشريح الذي استهوى عالم الطب . فقد انحنى الباحثون باهتمام على الدماغ وعلى المحور العصبي وكذلك الأغشية ، دون الكلام عن المناقشات الطويلة التي تناولت النفس وموضوعها ومكانها . وهكذا حسن الحظ تطور العمل الذي بدأ به جاك سلفيوس Jacques Sylvius في القرن السادس عشر ، وركز توماس ويليس Thomas Willis اهتمامه على الدماغ والاعصاب الجمجمية (وكانت هذه الاعصاب غير معروفة كلها ، واسماؤها تختلف عن الاسماء الحالية) ، وركز ريمون فيسنس Raymond Vieussens على نفس هذه الاعضاء وعلى الجهاز العصبي الظاهري الاطرافي . وكانت اعضاء الحس موضوع بحوث لدى الكثير من العلماء . واسس آ.م فالسالفا A.M. Valsalva ، بصورة خاصة دراسة تشريح الاذن . اما علم البصرات فلم يقتصر على الاطباء ، بل ان العديد من الفيزيائيين تناولوا موضوع البصرات ومنهم بيرسك Peiresc ، والاب شايئر P.Scheiner وماريوت Mariotte .

واخيراً درست الاعضاء الكبرى بتفصيل اكبر . وكان كل دارس يحاول ان يأتي بدقائق جديدة ، مثل آ. فان سينغل A.Van der Spiegel بالنسبة الى الكبد ولورانزو بليني Lorenzo Bellini بالنسبة الى الكليتين وج. من. بير J.C.Peyer . وج. من. برنر J.C.Brunner بالنسبة الى الامعاء ، وج. ورسنغ J.G. Wirsung وستينون Stenon ، وتوماس وارثون Thomas Wharton بالنسبة الى الغدد . ولقت الاعضاء التناسلية انتباه العديد من الباحثين ، وفي طليعتهم ن. هييمور N.Highmore ورينيه دي غراف Regnier de Graaf . واحدى سمات القرن السابع عشر كان ظهور علم الانسجة (كانوا يقولون يومئذ التشريح الميكروسكوبي) وكان ذلك نتيجة اكتشاف الميكروسكوب الذي طبع علم تلك الحقبة بطابع عميق . ونذكر اسما روبر هوك Robert Hooke وانطوني ليونوك Antony Leeuwenhok ذي الفضول الذي لا يكل ، واسم مالبيجي Malpighi الذي ارتكب رغم اكتشافاته المهمة بعض الاخطاء . وطور فردريك رويش Fredrik Ruysch ، عدا عن دراساته في مجال الأنسجة

التشريح الميكروسكوبي فأكمل ، إن لم نقل اخترع ، تقنية الحقنة في الأوردة ، وعرف كيف يحفظ بالجثث بحالة سليمة ولكنه لم يفصح عن تقنيته .

II - الأنظمة الكبرى

الطب الكيميائي - ان استعمال الكيمياء في الطب يعود الى باراسلس Paracelse وتلاميذه ، ولكن هذه الثورة الضخمة هي بعيدة عن الاكتمال . وإدخال الاجسام الكيميائية ، في الاستطباب ، كان شيئاً آخر غير وسيلة لمنافسة الادوية الغاليةبائية وهنا تكمن ارادة واضحة ورغبة في توجيه الاستطباب وجهة ذكية ، في حين كان حتى ذلك الحين حصيلة اساليب عملية موفقة الى حد ما . ولكن الى جانب الباراسلسيين ، عرف القرن 17 ايضاً رجالاً كان هدفهم الحصول على الحجر الفلسفي ، وعلى الذهب المشروب وعلى البلسم الكوني وعلى تحويل المعادن . وتميزت هذه الحقبة بالنزاع الشهير حول الاتيميون والذي يرجع أصله الى القرن الماضي . وكان هذا النزاع بين كلية باريس ، عدوة الدواء الجديد وبين دكاترة مونبليه الذين كانوا يجتكرون اماكن الشرف في البلاط ، وكان صراعاً حاداً وطويلاً . ودام مئة سنة - حيث ساد سوء الظن من الطرفين ، وحيث شوهد غاليليه من جديد ينكر بصورة رسمية المعتقدات القائمة في فضائل المبدن الشهير . ولكن الاتيميون خرج منتصراً ، بفضل الملك الذي شفي لانه شرب خراً مطعومة بالاتيمون ، الامر الذي دفع برلان باريس الى تزكية الدواء المونبلياني بموجب قرار اصبح شهيراً . واحتلت المانيا ايضاً مكانة مهمة في مجال الصناعة الكيميائية ، كما دل على ذلك انشاء منابر في كليتها للكيمياء ، تقليداً لفرنسا ، وخاصة مونبليه ، وكانت ايطاليا والدول الاوروبية الاخرى قد عرفت ايضاً بعض الاطباء الكيميائيين انما باعداد اقل . وقام في وجه الغاليانيين اعداء التجديد الكيميائي ، امثال غي باتان Guy Patin وجان ريولان Jean Riolan ، رجال امثال جوزف دوشن Joseph Duchesne (كرسستانوس) Quercetanus وت . توركت Th. Turquet من مايرون Mayerne . وبين هاتين الطبقتين المتعارضتين تماماً كان هناك بعض التوفيقين الاقل متعصباً امثال أنج سالا Ange Sala ودانيال سنير Daniel Sennert .

وهناك فئة اخرى اشتغلت من اجل اغناء صناعة الادوية بمستحضرات جديدة . وكانت هذه المستحضرات التي تمت وتطورت في كل مكان تقريباً من اوروبا الغربية ، من صنع الاطباء والصيادلة . وكانت تهتم بصورة خاصة بالادوية الكيميائية وكل المستحضرات الاجزائية الاخرى .

وكان الباراسلسيون وخلفاؤهم مدفوعين بحماسهم فحاولوا شرح الفيزيولوجيا البشرية ، وبالتالي الاستطباب بتفاعلات كيميائية . وكما يقول الأب ديلوني P. Delaunay ، فإن الإنسان قد أصبح وعاءً للاختبار . وهذه التجربة كانت جذابة ، لأن عمل الجسم إذا كان يتركز على الكيمياء فإن الاضطرابات العضوية تتم ببساطة عن الامراض اما الاستطباب فينبشأ حينها مسبباً بفعل عودة العمليات الكيميائية الى وضعها الطبيعي . وكان هذا الشكل من التحليل كاملاً . الا ان الذين كانوا يطبقونه ، كانوا يؤمنون ان الفيزيولوجيا والبياتولوجيا اي علم الطبابة ليسا الا هذا ، وان كل

شيء يمكن ان يفسر عن طريق الكيمياء . ولهذا، وإذا كانت بعض النجاحات الموفقة قد شجعتهم على الاستمرار في هذا السبيل، فإن محاولات أخرى فاشلة أوقعت النظام كله في الفشل، ومنسية ما يمكن للكيمياء ان تقدمه من افادة. ولهذا كان لا بد من انتظار الوقت الذي أصبحت فيه الكيمياء الخالصة شيئاً قائماً على اساس تجريبي متينة، قبل ان تستطيع من جديد احتلال مكانتها في الطب باسم الكيمياء البيولوجية .

كانت الفكرة الرئيسية عند ج. ب. هلمونت Jean – Baptiste Van Helmont (1644 – 1577) قائمة على ان الحتمية التي تسود الوظائف، كما تسود مصير الجسم البشري، هذه الحتمية تابعة لمبدأ غير مادي اسمه « الروح » (اسم أطلقه الكيميائيون على مبدأ الحياة) . وهذه الروح تتبها أرواح ثانوية ترعى عمل الاعضاء عن طريق مفعول الحماثر. ولما كان الغذاء هو اساس الحياة، وضع فان هلمونت Van Helmont مركز الروح الرئيسي في المعدة. وتفسر الامراض باختلال بين الروح الرئيسية والأرواح الثانوية. وسبب المرض خارجي إذا كان الجسم المهاجم خارجياً عن الجسم ودائلي إذا كانت الاضطرابات وظيفية. ولكن هلمونت Helmont كتلميذ وفي لأبسط يرى ان السبب الخارجي هو عنصر ثانوي. ان الجسم قد قبل المرض فمرض . ويقول معاصر نقول ان فان هلمونت Van Helmont يضع في المقام الاول مفهوم التربة الصالحة. ومن هذا فالمرض لا يخالل الروح الثانوية، بل يخالل الجسم بأكمله أي الروح الرئيسية . والطبابة تقوم إذًا على مساعدة الروح الرئيسية لكي تستعيد سيطرتها على اتباعها لا الاكتفاء بمعالجة المظاهر الخارجية. وكان هلمونت خصماً حذراً لاختلاط الدم من الجسم، وللمسهلات لأنها تضعف الجسم، وفضل عليها الادوية الكيميائية ومستخرجات الايون والخمر. ويربط هلمونت الروح الرئيسية بالنفس التي تتألف من قسمين نفس غير مادية لا تفنى ونفس حسية تتلف مع الجسد وتشكل غطاءً للاولى .

ويمكن وضع فرانسوا ديليو François Deleboe المشهور باسم سلفيوس Sylvius (1672 – 1614) على موازاة فان هلمونت لان الهضم والتغذية هما في اساس نظامه فضلاً عن ذلك كان يفسر الظواهر الهضمية بالتخمير والفقوران اللذين يسببها امتزاج الطعام بالريق ويعصارة البانكرياس وبالصفراف . ولكن هنا تقف المشابهة لان سلفيوس Sylvius يرفض كل فكرة الروح . والاضطرابات في الرطوبة التي لم تكن عند هلمونت الا مظهراً ثانوياً تشكل محور النظريات السلفية .

كل شيء متعلق بالحموضة او بالقلوية، وكانت الحموضة المسيطرة في اغلب الحالات، تولد المرض من خلل في هذه الرطوبات. ان الحموضة قد تتفاقم او تصبح غير كافية، او قد يجب استبدالها بالقلوية .

ان الاستطباب ينبثق عنها ببساطة : ويكون في اغلب الاحيان قلوباً، ويمكن الامر باستخراج الدم وتسهيل المعدة الذي من شأنه ان يغير في حالة المزاج.

وعرف النصف الثاني من القرن السابع عشر تعارضاً بين الخيمائيين والباراسلسيين وانصار

سلفيوس Sylvius ، وخصوم كل واحد ، في حين انتحى جانباً بعض الأطباء والكيميائيين والصيادلة أمثال نيكولا لييمري Nicolas Lémery وميوز شاراس Moyse Charas فاستمروا في عملهم المفيد ، مكتشفين أدوية جديدة وناشرين كتباً في الكيمياء ذات قيمة لا جدال حولها .

الطب الميكانيكي - حلت تجاوزات الأطباء الكيميائيين بعض العلماء على التصرف للعنور على نظريات أخرى لا تقل اغراءً . وكان للفيزياء ثناء سريع بفضل التجربة وبفضل نمو الرياضيات وتطبيقها في هذا المجال . وجرى التفكير يومئذ في تشبيه الجسم البشري بآلة وتفسيره بالحساب . وكان هذا مرة أخرى يعني الخضوع في كل شيء لنظام واحد . وادى الاسراف في هذا النظام ، ايضاً الى الوقوع فيما وقع فيه النظام السابق رغم احتوائه جزءاً من الحقيقة .

وفتحت الطرق المؤدية الى هذه النظريات الجديدة ، من قبل ديكرات الذي تصور ، في كتابه « حول الانسان » (الذي كتب سنة 1632 ونشر بعد ثلاثين سنة) ، تصور الانسان الآلة الذي لا يحتاج الى عوامل خارجية لتأمين مساره . وكانت الفيزيولوجيا والبياتولوجيا الديكارتية ذكية ولكنها كانت تشكو من صفتها الاستقرائية . فقد كان ديكرات يسرف في الاعتماد على قوة التحليل العقلي ولذا لم يعبأ كثيراً بالتجربة .

وفي إيطاليا توصلت مدرسة غاليلي الى استنتاجات مماثلة للبيولوجيا الميكانيكية عند ديكرات ولكنها استقرضت من اجل هذا الطريق المنهج التجريبي . وتم ادخال التجربة الكمية في العلوم الطبية بفضل سانتوريو سانتوريو Santorio Santorio (1561 - 1636) الذي امضى قسماً من حياته جالساً فوق ميزان ، يزن بدقة طعامه وخروجه . ومن فرق الوزن استنتج وجود تعرف غير محسوس يؤدي نقصه او زيادته الى حال من المرض . وعرفت نظرياته نجاحاً كبيراً رغم انه كان يفضل ابقائها طي الكتمان بدلاً من عرضها بالتفصيل . وكان فضله في هذا الشأن انه ادخل في الطب استعمال الميزان ، فضلاً عن ادوات أخرى للقياس مثل ميزان الحرارة وميزان الرطوبة وميزان ضغط النبض . واصبح بالامكان بعد ذلك تقييم بعض الظواهرات الحياتية عديداً . وكان الممثل الرئيسي للنظرية الطبية الرياضية جان الفونسو بوريلي Gian - Alfonso Borelli (1608 - 1679) ، رغم ان اخرين قبله شهبوا اعضاء الجسم بالاشياء العادية كالمخف والمقص والمضخة والمضاغطة الخ . الا ان بوريلي Borelli التفت الى التخلص العضلي والى الحركات ، مميزاً بين الانواع الثلاثة من التقلات . وفيما بعد عكف على بنية الخيوط العضلية . واعتمدت إيطاليا بحماس النظريات الجديدة ولكن في بلاد نيوتن عرفت هذه النظريات التطبيق الامثل مستلهمة الجاذبية . اما فرنسا التي كانت تميل الى الطب الكيميائي ، فقد جادت متأخرة قليلاً . ونذكر بصورة خاصة اسم جورجيو باغليفي Giorgio Baglivi ولورانزو بليني Lorenzo Bellini في إيطاليا وأساهء جان كيل وف . كول J. Keill, W. Cole ، وآ . بكيون A. Pitcairn وج . شين G. Cheyne في إنكلترا ، وأساهء كلود بيرولت Claude Perrault ود . دودارت D. Dodart بالنسبة الى فرنسا .

ولم يقصر الاطباء الميكانيكيون نشاطهم على التشريح الفيزيولوجي ، لان نظامهم لم يكن له الا

هدف : العثور على سبب المرض ثم وصف الدواء الفعال . وحصل هذا بسرعة . ان حدة السائل العصبي ، تؤدي عادة الى التقلص العضلي ، وتحدث التوتر او الوهن ، والاضطرابات الدموية ، والانحطاط والالتهابات ، وهذه كلها لها اشكال متنوعة تتعلق بالاجزاء الاولى من الامزجة والاختلاط ، كما تتعلق بالاضطرابات الناتجة عن تمثل بعض الاجزاء الغريبة او الاحجام المختلفة من الاجسام الخ .

واضطر بعض الاطباء الميكانيكيين الى الاستعانة بالتفاعلات الكيميائية لاستكمال شروحاتهم . وكان بعضهم الاخر ينسب نظرياته امام المريض . ونذكر في هذه المحاولة الاولى للتوفيق بين النظامين الكيميائي والميكانيكي الفكرة انهما لم يكونا كافيين بمفرديهما لشرح كل شيء . فالقوانين البيولوجية تدخل في اطار اوسع من هذا بكثير ، ولكن للأسف كان الكثير من المحازيين والانصار محدودي الفهم . فهناك عقائد اخرى حصرية جداً رأت النور وشغلت كل القرن الثامن عشر . وعندما استنفدت كل هذه الانظمة ، قام نظام محصل يأخذ افضل ما في كل منها ليشكل تركيباً جديداً .

III - الاستطباب الطبي أو المداواة الطبية (الباثولوجيا الطبية)

التشريح الباثولوجي - رذر التشريح الباثولوجي او الاستطبابي نفسه كعلم مستقل . ولكنه اقتصر على العلم الميكروسكوبي ولم يأخذ اهميته الحقة الا في القرن اللاحق . انما نشير الى اعمال تيوفيل بولي Théophile Bonet الذي اجرى ، مع جان جاك مونجي J.J.Manget ، وريشار مورتون Richard Morton وف . سلفيوس F.Sylvius البحوث الاولى حول السل الجيبي وحول التجاويف الرئوية في حين درس ريشار ويزمان Richard Wiseman البثور البيضاء .

واذا مرت تجارب ريدي ، المعارضة لنظرية الخلق الفجائي ، غير منظورة ، فضلاً عن اكتشاف جرثومة الجرب من المفيد ان نشير الى ان فكرة وجود الميكروبات وجدت على يد الاب كيرشر P.Kircher الذي تكلم عن مخلوقات حية غير منظورة ، في حين ان آ . هومن A.Hauptmann شبهها بالدود . واعتقد الاب بوريل P.Borel انه رأى في الميكروسكوب مثل هذه الحيوانات في الاقسام المريضة من الجسم الانساني .

الامبراطرية الجديدة - صحيح ان الطب الغالياني اعطى ما يستطيعه : ولانه لم يحل كل المشاكل فقد اتجه الناس نحو افاق جديدة . الا ان المبادئ الامبراطرية احتفظت بقيمتها ، باعتبار ان الملاحظة الدقيقة للظواهرات المعادية هي في اساس الطب الصحيح ولكن رأينا ان انتصار النظم الكينمائية والميكانيكية بادوا الى الارتفاع فوق الكيمياء والفيزياء من اجل بناء باثولوجية فيزيولوجية شبه خيالية . وكان من المستحسن ان يقوم اشخاص ذوو حس بالعودة الى الحقائق الأكثر موضوعية بعد رفض كل ما لا يمكن ان يكون الا من رؤى الفكر . وقد عرف القرن السابع عشر لحسن الحظ اطباء حرصوا على العودة بفهم الى التراث الابراطي . ويجب عدم الخلط بين هؤلاء الأبقريطين الجدد والغاليانيين من القرون الماضية الذين كانوا يمثلون يومئذ بعدد وافر ، والذين كانوا يرون في غاليان

والعرب مؤلفين يجب اتباعهم على بلايص . فقد كانوا قابعين في ماضيهم ولذا لم يكونوا يساعدون بأي شيء في المسار المساعد للطب ، في حين أن الانتصار الجدد للأبقرافية كانوا يتولون مهمة بناته .

وكان أبرز ممثلهم توماس سيدن هام (1624 - 1689) Thomas.Sydenham . وقد قرأ قليلاً على ما يقال كتب أبقراف فكان أن أعاد اكتشاف قسم من مبادئه وتعاليمه . وكان لا يتمتع الى أية مدرسة وكرس كل حياته لمرضاه في لندن وضواحيها .

وعدا عن هذا العمل التجليدي، حرص القرن السابع عشر ، وهذا ما يجب ذكره ، على حسن التعريف بالنصوص القديمة اليونانية ، فصدرت ترجمات ممتازة لأبقراف ولغاليلان يومثي .

وقطع سيدن هام Sydenham علاقته بالتراث فاكفى بملاحظة ما عرض أمام بصره . وعاد الى مبدأ كان عزيزاً على أبقراف ، كان غيليوم بايو Guillaume Baillo قد عاد اليه بقوة في القرن السادس عشر ، فأوصى بأقامة نظم طبية ، أي أوصى بجمع كتاب واحد يضم الامراض الملحوظة خلال فترة معينة . وليس القصد هنا ، بالمعنى الصحيح ، دراسة امراض موسمية ، لأن النظم الطبية المطلوبة تشمل عدة حقب اوسع ، وتشمل احياناً عدة سنوات . وحده نمط الامراض المراقبة يحدد النظام او الدستور الطبي الذي قد يكون أيضاً موسمياً . وهكذا راقب سيدن هام Sydenham نظماً تغلب فيها الجدري وامراض الحصبة والزنتارية والكريب . وعالج الحميات المتقطعة والحميات المعادة والحميات الدائمة وأخيراً وباء الطاعون . ومن خلال أوصافه لعلامات المرض وعلاقتها فيها بينها ، وضع سيدن هام مفهوماً جديداً عيادياً للأمراض . وكان من دعاة علم تصنيفي جديد للأمراض . وقد اعتبر سيدن هام ، مثل أبقراف المرض كلاً واحداً . ولذا عالج كل الجسم أكثر من مظاهره الخارجية مساعداً أو صاداً لردات الفعل الطبيعية ، بدلاً من الحلول محل الطبيعة الشفائية .

اما معالجته فكانت حكيمة ومنطقية . ونحن مدينون له باشياء منها اشاعة استعمال الكينا والافيون .

ورغم انه لم يكن صاحب مدرسة ، فقد كان لسيدن هام هذا تلاميذ اتبعوا نهجه ، الى درجة ان وضع النظم الطبية اصبح من الامور الكلاسيكية في القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر . وإلى جانب سيدن هام يجب أن نذكر أيضاً شارل باربيراك Charles Barbeyrac الذي ربما التقاه في مونيخ ، وهو المركز الاصيل للأبقرافية الجديدة . ومن انكشروا ومن فرنسا امتد التجديد الى كل البلدان الانغلو ساكسونية وإلى إيطاليا .

مجموعات الملاحظات او اوصاف الامراض - الى جانب هؤلاء الطبيعيين من اصحاب الابقرافية الجديدة ، قام اطباء آخرون ، ظلوا في صفوف الاطباء الممارسين ، فنشروا ملاحظاتهم دون ان يحاولوا ان يستخرجوا منها افكاراً عامة . ورغم قصر مدى هذه الملاحظات ، فقد كانت ذات قيمة ثمينة بسبب عدم وجود النشرات الطبية ، وبسبب صدورها أيضاً ، في معظمها عن اساتذة ذوي قيمة ، لا يمكن التشكيك بسلطتهم .

ولم تكن هذه الملاحظات مدونة كما في ايامنا : فقد كان الاستطباب سائداً فيها على حساب عرض الدلائل وتاريخ المرض ، الامر الذي لم يساعد داتماً على تحديد الامراض المدروسة . ولكن اقراراً بفضل هؤلاء الاطباء ، لم يكن بعضهم ، مثل لازار ريفير Lazare Rivière يتردد في استخدام اختياره فينشر الى جانب ملاحظاته الخاصة الطبية ملاحظات الجراحين الذين كانوا محترمين برأيه . وازدهرت هذه النشرات ، في نفس الحقبة تقريباً في كل مكان في اوروبا . انها من صنع حياة بكاملها او هي مجرد ربط للاحداث غير العادية مثل وباء الطاعون . ووصف المعارسون الانكليز الكساح . واكتشف ويليس Willis مادة سكرية في بول المرضى بالسكري . وإلى جانب الرجال هؤلاء تجب الإشارة الى مجتمعين : السويسري تيوفيل بوني Théophile Bonet والسويسري جان جاك مانجييه Jean Jacques Manget اللذين أليا على نفسيهما أن يجمعاً أفضل كتابات سابقتهما ومعاصريهما في الطب والجراحة والتشريح والصيدلة الخ ، وان يقدماً خلاصة تتيج معرفة حالة الطب في اواخر القرن السابع عشر .

علم الامراض الوبائية - كانت الامراض الوبائية يومئذٍ مرهوبة الجانب ، وبخاصة الطاعون الذي كان يحتاج مدناً بأكملها ، وفي كل مكان من اوروبا . ولم تأت الكتابات العديدة التي ظهرت في هذا المجال بعناصر جديدة قد تمكن من مجابهة هذا الوباء المخيف بفعالية . ولكن الاهتمام بامراض اخرى اقل خطورة ذات مسار وبائي او تكراري لم ينقطع . فبعض الوبئة كانت قد ميزت عن غيرها مثل حميات البرداء التي كانت معروفة من الاقدمين . ولكن كان هناك حيات اخرى بحاجة الى تحديد ذاتيتها مثل الامراض الطفحبة التي كانت في كثير من الاحيان تلتبس مع الحصبة . ويعود الفضل الى سيدن هام بأنه ميز الحمى القرمزية . ولكن فصل الحميات الواسع بدا أكثر تعقيداً ولذا جرت محاولات لتصنيف اشكالها بالارتكاز الى عنصر مسيطر وجرى الكلام عن حميات دورية ومتردة ومستمرة ، وايضاً عن حميات سُباتية ، وصفراوية وعصبية ودودية ومخاطية ورشحانية يضاف اليها وصف رديئة او خفيفة بحسب الحالات . وكان الكينا بحق عنصراً جديداً ولكنه غير كاف في التصنيف . وقد امكن بعد ذلك الكلام عن حميات تتأثر بالكينا وحميات تستعصي عليه . وفي ما خص الخاصة الوبائية جرى التعرف على التأثيرات المناخية ، والجوية والجغرافية ، أولى طلاطم البحث في الطب الباطني .

وكانت فكرة العدوى قد عرفت ايضاً ، رغم الخلاف الدائم حول اسلوب العدوى في مرض معين : من شخص الى شخص ، بواسطة الاشياء او الثياب ، او بالهواء وفي هذه الحقبة قوي تدبير الحجر الصحي ، وهو تدبير قاسٍ ولكنه ضروري . وكذلك جرت محاولات لحماية النفس عن طريق المطهرات العظمية التي لم يخل بعضها من الفعالية ، كما ثبت من دراسة حول الطاعون في مونيبلية من قبل فرانسوا رانشين . في تلك الحقبة كانت كل مدينة في فرنسا او في ايطالية او في المانيا لها مكتب صحي مهمته الاعلام واستيقاظ ظهور اي مرض رهيب ثم اتخاذ كل التدابير اللازمة لحماية السكان . وإلى جانب ضباط الصحة ، وهم نوع من المفتشين الصحيين من غير الاطباء ، كان هناك جراح متخصص بالطاعون . وكانت معالجة هذا المرض يومئذٍ من اختصاص الجراحة اكثر من الطب . وكان جراح الطب مكلفاً بالتوجه الى المكان للثبث من الحالات المشبوهة ، ثم بذل العناية للمرضى بالطاعون

في حالة الوياء . وعدا عن الطاعون يُشار أيضاً الى بعض الأوبئة مثل الزحار والتيفوئيد والجندري . أما الجذام فقد تراجع تماماً وأقللت مصحات الجذام الواحدة تلو الأخرى ، أما السل وكان يسمى يومئذٍ « إفتيزي » فقد أخذ يحتل مكاناً أكبر في الاستطب .

وعدا عن الأوبئة : كانت الأمراض الملحوظة عادة في ذلك الوقت ، وبحسب التسمية يومئذ : النفرس ، الاستسقاء الوسواس او السويداء والرشحات والتقرحات من كل أنواعها والجرب والأمراض الزهرية التي لم تنافس كما في القرن السابق . ولأشك ان ذلك يعود الى ان السفلس لم يعد جديداً ولان العلاجات بواسطة الزئبق كانت تعطي نوعاً من الفعالية .

الصحة والطبابة الجماعية - كان من اثر هذه المعلومات حول علم الأوبئة ظهور مفاهيم للصحة . وقد تبدو في الكلمة بعض المبالغة . فقد قيل ان العصر الكبير كان عصر الأيدي الوسخة . ورغم ذلك فقد ظهرت مستشفيات جديدة وخاصة في فرنسا . حيث افتتح لويس الرابع عشر المستشفيات العمومية المكلفة بان ترضم السكان المحتاجين الى الاستشفاء والموزعين حتى ذلك الحين في بعض المؤسسات الصغرى الضعيفة الموارد . وفي حالة الوياء الخطير ، كما في الماضي ، كانوا يلجأون الى المستشفيات المتخصصة ، كما كان الحال بالنسبة الى المصابين بالطاعون ، وهذا كان يبرر تدفق المرضى . وكان يوجد أيضاً بعض المستشفيات العسكرية خاصة في المناطق التي تدور فيها الحروب بصورة دائمة . اذا اخذ الجيش يتم بجراحه ومرضاه . وكان عند بعض الأمراء الالمان موظفون صحيون ملحوقون بجيوشهم ، ولكنهم في الغالب كانوا يتعاونون مع جراحيهم لمدة حلة واحدة . انها مدرسة قاسية هذه الطبابة العسكرية وهذه الاجراة العسكرية . ولكنها غنية بالمعلومات . ولهذا كان الشبان من الجراحين يسهون بها قبل ان يفتحوا عياداتهم . ونتج عنها أيضاً كتب جراحة عسكرية مفيدة ، وبحوث في الصحة الميدانية وفي صحة الجيوش المحاربة ، لا تخلو من فائدة .

الطب الاجنبي الخارجي - استخدمت الشركات البحرية الكبرى جهازاً طبياً للعناية بالناس فوق سفنها ، وفي ممتلكاتها البعيدة في الهند الشرقية والغربية . وكان الاطباء في اغلب الاحيان وكذلك المسافرون يكتشفون عند رجعتهم جملة من الامراض والادوية التي لم تكن معروفة حتى ذلك الحين ، وهذا ما ادخل فضلاً جديداً في تاريخ الطب هو الطب الاجنبي والخارجي .

وكانت البلدان المسرح لهذه الملاحظات في بادئ الامر عديدة . كان بعضها قريباً نسبياً ، مثل عالم البحر المتوسط الشرقي وبخاصة مصر وقارس وكان بعضها أكثر بعداً مثل افريقيا الجنوبة وشبه الجزيرة الهندية والأرخبيل الهندي والصين واليابان من جهة ، وأميركا الجنوبة والبرازيل والبيرو والفويان والانتيل من جهة اخرى ، دون الكلام عن المقاطعات القطبية السيبيرية . ولم تكن الدول التي ساهمت في نشر هذه المعارف الجديدة دائماً قوى بحرية . فالى جانب هولندا كان الطب الاجنبي ناشطاً بصورة خاصة في تلك الحقبة بفضل الفرنسيين والالمان .

واذا كانت معرفة الأمراض الجديدة يومئذ ذات أهمية نظرية فقط ، كما كان الحال بالنسبة الى مرض النوم ، فقد كان الامر يختلف بالنسبة الى الوسائل الشفائية المستعملة من قبل الشعوب البعيدة

مثل الصينيين والهنود، الذين اغنوا بصورة إيجابية المدخر الطبيائي الغربي. ونحن لا نورد كدليل الا ادخال الكي والوخز بالإبر من عند الصينيين والكنيا وعرق الذهب، وهو جذر مُقيء من عند الهنود في اميركا الجنوبية دون الكلام عن اشاعة المستحضرات القديمة المعروفة ولكنها نادرة مثل الافيون. وعلى نفس الموازاة كان الاهتمام بالازهار وبالحيوانات في هذه البلدان من قبل اطباء آخرين يهتمون بالطبيعة مفيداً للغاية ان بالنسبة الى المادة الطبية او بالنسبة الى التاريخ الطبي.

الطب الشرعي - يمكن اعتبار القرن السابع عشر ايضاً قرن الطب الشرعي، رغم وجود سابقين في هذا المجال اتوا في اواخر القرن الماضي مثل جون وير Jan Wier الذي ناهض معتقدات القرون الوسطى المترسخة التي كانت تقضي بتعذيب البؤساء لاثمهم بالشعوذة، مثبتاً انهم مرضى دائماً ويحق.

ولكن الطب الشرعي منذ نشأته قام بمهمات متنوعة جداً، لانه اهتم ايضاً بالتسميم وبكل موت مشبوه. وكان الاجهاض والاعتصاب والتخصص في الجراحة والتحليل النفسي الطبي تدخل في مجملها، حتى ان العديد من المؤلفين ساهموا في قيام هذه العلوم الجديدة. ولهذا ايضاً استمر بعض الاطباء الشرعيين يؤمنون الى حد ما بالامراض السحرية والامراض الشريرة نظراً لهيمنة القرون الوسطى.

على هذا المظهر الخاص من الطب. ومع ذلك فقد بدأ عهد جديد اكثر موضوعية واكثر علمية بفضل اعمال ج. ب. كودرونشي B. Codronchi - G. وسيفيرين بينو Séverin Pineau. ومن بين المؤلفين الذين تقدموا بهذا العلم فيما بعد نذكر فورتوناتو فيديلي Fortunato Fedeli وجوهان بوهن Johann Bohn وج. زيلر J. Zeller وبصورة خاصة باول زاخيا Paolo Zacchia (1659-1584) الذي عرف انتاجه الكامل بمقدار ما يسمح به عصره انتشاراً دائماً. وفي المرتبة الاولى من البلدان التي ساهمت أكثر من غيرها في تقدم هذا العلم نذكر ايطاليا وألمانيا وتأتي بعدهما فرنسا والبلدان المنخفضة.

IV - الجراحة

الجراحة العامة - كانت الجراحة كما في الماضي مفصولة عن الطب. واستمرت ايطاليا وحدها تحافظ على تراث وسيطي خاص لم تتخلص منه ابداً. وهذا التراث يجعل الجراحة تقريباً على نفس مستوى الطب، ويجعلها ولو جزئياً على الاقل تمارس وتعلم من قبل الاطباء. ورغم هذا فقد تقهقر الفرع الجراحي في شبه الجزيرة الايطالية. وقام بلد كان ثانوياً حتى ذلك الحين بمحاول ان يأخذ مكانة ايطاليا هو هولندا التي كان جراحوها المشهورون ذكارة في الطب. وبالنسبة الى البلدان الاخرى بقي هذا الفن المعتر يدويا، مسنداً الى رجال كانوا مهرة ولكنهم في اغلب الاحيان مشعوذون، وفي كثير من الاحيان جهلة. إذ خارج كلية سانت كوم في باريس لم تكن هناك مدارس جراحية متخصصة. وكانت الدروس في بعض الكليات الطبية نظرية اكثر مما هي عملية. اما كلية سانت كوم فقد كانت شهرتها قد

خبت بفعل الاختلافات المتعددة بينها وبين كلية باريس. وهذه خلافات كانت تذكيها الصراعات الخفية القائمة بين الجراحين من ذوي الاثواب الطويلة والحلاقين، الى اليوم الذي اصبح فيه الاولون بمنزلة الآخرين. وعلى العموم كان الطلبة من الجراحين يتعلمون مهتهم بوضع انفسهم منزلة التلامذة عند المعلمين المشهورين. في حين كان بعضهم يفتش عن مركز له في الجيش.

وحالة التدهور التي كانت عليها الجراحة لم تمتنع بعض الجراحين من القيام باعمال تعيد الاعتبار الى هذا الفن المعتر بغير حق فناً وضعياً. وعلى كل لا يمكن مقارنة اي احد باتيرواز بباري الى هذا القرن الذي استمر سيد الجراحة، رغم ان يغي شولياك Guy de chauliac لم يكن من المنسقين تماماً. والمعالجات في معظمها التي رأت النور يومئذ، منها بدت كاملة، لم تكن الا ظلالاً لهذا العمل الموشح فقط، هنا وهناك، ببعض الكمالات التفصيلية التي قدمها المؤلفون الجدد بفعل ممارساتهم.

وعدا عن الجراحين، استمر الممارسون بالتجربة، وان قل علبهم، يجرؤون العمليات. ولكن بعض نشاطاتهم مثل الفتق وتكتف العدسة في العين كانت من اختصاص الجراحين بحق. ولكن كان هناك اختصاص، هو استخراج حصاة المثانة لعب غندهم دوراً كبيراً، دون ان يختص بهم بصورة مطلقة؛ وكانت هناك عائلات متخصصة في هذا المجال مثل عائلة كولو Colo وكان اشهر الجراحين في الحصاة جاك بوليو Jacques de Beaulieu الذي عرف النجاح والاحراق بشكل متتالي. وعلى كل فقد تحلى الحلاقون والجراحون عن الشعوة وحاولوا شفاء مرض الحصاة الذي كان شائعاً جداً في ذلك الزمن. وحسنوا في ادواتهم (وكان امامهم من الناحية التقنية الخيار بين الآلة الصغيرة التي صنعها سلس Celse والآلة الكبيرة من صنع ماريانو سانتو Mariano Santo ثم القائمة المرتفعة) .

ومن بين الدول التي ساهمت اكثر من غيرها في تطور الجراحة العامة في تلك الحقبة كانت فرنسا وتليها البلدان المنخفضة والمانيا واطاليا. ولكن الشخصيات الاكثر بروزاً لم تكن من ضمن هذا التصنيف بالضرورة إذ بهذا الشأن علينا ان نذكر يار ديونيس Pierre Dionis الذي عرض منذ 1673 في بستان الملك في باريس « التشريح المفسر عن طريق الدورة الدموية ». ونذكر ج. ج. دوفري J. G. Duverney من فرنسا وويل هلم فابري Wilhelm Fabry (فابريسيوس هيلدانوس) Fabricius Hildanus ونذكر م. ج. بورمان M.G. Purmann الألماني وم. أ. سفيرينو M.A. Severino وسيزار ماغاتي Cesare Magati من ايطاليا وريشار وايزمن Richard Wiseman من انكلترا وف. ديكر F. Dekkers ون. تولب N. Tulp بالنسبة الى البلدان المنخفضة .

والثقت العديد من الجراحين ناحية علم العظام وناحية الاستطباب. وعرفت الجراحة العضلية بعض التجديدات الموقفة مثل الشق المفتوح في الصدر (ستيرنو كليلدو ماستويدين) - Sterno cléido-mastoidien في الصدر [داء في الرقبة ميس]. وتناولت جراحة الاوعية بشكل خاص الامدم [تنفخ في الشرايين] كما تناولت تضמיד الاوعية الدموية. واصبحت جروح الامعاء والفتاق وتضميداتها، والاورام من كل نوع. من الامور الشائعة المعروفة، وكذلك الناسور (شارل فيليكس

تاسي (Charles Félix de Tassy) . وكانوا يؤمذ يجرون عمليات في القسبة التنفسية وكذلك عمليات اكثر جرة وبصورة خاصة في مجال الامراض النسائية . وعلى العموم كانوا يدومون وبماجلون بذلك جروح الرأس والصدر والبطن ، وكانوا يقطعون ويقطعون كثيراً اما بنوع من النجاح . وقد حصلت عمليات تدخل اليوم في مجال معالجة امراض الحنجرة والاذن والانف وامراض العين . ودعا سيزار ماغاتني Cesare Magati بنجاح الى استعمال « التضميد النادر » .

واذا كانت جراحة القرن السابع عشر قد قصرت عن ادراك بريق جراحة عصر النهضة ، الا انها ليست اقل قيمة اطلاقاً ، ذلك انها حاولت ان تمثل بفهم ، وان تحسن المعارف الحاصلة سابقاً . مهددة الطريق امام الاختصاصات التي سوف تتفرد في القرن اللاحق .

علم القبالة او فن التوليد - وكان هذا تخصصاً فعلياً في مجال فن التوليد ، رغم ان هذا المجال كان وما يزال مرتبطاً بعلم الامراض النسائية وبعد ذلك الحين اصبح توليد المرأة على يد الرجل مقبولاً او لم يعد يعتبر كرامة في نظر المرأة . وتبارى الاطباء والجراحون في العمل من اجل هذا الفن . وكان علم التوليد منذ بداياته علماً فرنسياً برز فيه اسماء مثل اسم موريسو Mauriceau وبورتال Portal ، كما برز اسم قابلة مولدة مشهورة بحق هي لويز بورجوا Louise Bourgeois . ومن بين الدول الاخرى فرضت هولندا نفسها بواسطة هانري فان ديفنتر Henrik Van Deventer . وجاءت المانيا وسويسرا فيها بعد .

وكانت التجديدات مهمة الى حد ما . وكانت الاساليب التي يجب استعمالها في مختلف الحالات قد اخذت تدون ووضعت تقنيات جديدة مثل تقنية موريسو Mauriceau . ولم تعد عملية الولادة تجري بشكل متسرع ، وان كان الخلاص منها بسرعة هو المطلب . وبالمقابل ، تحلى الاطباء عن العملية القصيرة التي رأت النور في القرن الماضي ، قد تراجعت وتركت بسبب الفشل المتكرر ، على الاقل في فرنسا حيث كان موريسو لا ينصح بها ، في حين انها كانت تطبق في المانيا وفي البلدان المنخفضة كما كانت مقبولة بشكل عام . اما الالتصاق فقد مضى غير منظور في نظر المولدين . ولكن القرن السابع عشر هو قرن الملقط (ملقط الجنين) الذي يعزى اختراعه الى العائلة الانكليزية شامبرلين Chamberlain . وقد احدث هذا التجديد الكثير من الضجة بسبب النجاح الحاصل وايضاً ربما بسبب الغموض الذي احاط بالالة التي حرص اصحابها على اخفائها عن عيون المعاصرين . وقامت محاولة فاشلة في باريس فجعلت فرنسا تعرض عن هذه الآلة . ولكن الامر كان بخلاف ذلك في البلدان الاخرى وخاصة في هولندا حيث اشترى العديد من الاطباء من آل شامبرلين سرهم . وكان لا بد من انتظار بعض الوقت قبل ان يصبح الملقط اداة العموم .

٧ - علم الصيدلة وعلم المداواة أو فن الشفاء

في نهاية هذه الدراسات كلها عرفت الصيدلة انقلاباً بفضل ادخال ادوية جديدة ذات قيمة

فعلية . والدواء الذي أحدث ضجة كبرى بلون متازع هو الكينا المستورد من البيرو حيث كان السكان يعرفونه منذ زمن طويل باسم شجرة الحمى . وعبر اسبانيا جاءت « بودرة الملكة » الى فرنسا بفضل اليسوعيين الذين اطلقوا عليها اسمها . ولكن سمعتهم السيئة في بعض الأوساط جعلت استعمالها يتوقف بسرعة . وقد نسيت تماماً لفترة وعادت للظهور في باريس آتيةً من انكلترا حيث توقف روبرت تالبور Robert Talbor (طابور Tabor)، وبعد مشقة في فرضها يساعده في ذلك سيدنهام Sydenham . وفي فرنسا أتاح مرض الملك (بفضل العناية الإلهية) وشفاؤه بهذه البودرة المدهشة ، للدواء أن يتغلب على المقاومة والمعارضة الأخيرتين .

اما المستحضر الآخر الذي ظهر يومئذ، فهو عرق الذهب [جذر مقيء]، ومن منشأ اميركي ايضاً ، وقد اعتمد في فرنسا، بعد ان ابرأ جان اندريان هلفيتيوس Jean = Andrien Helvétius، والد الفيلسوف الشهير ولي عهد فرنسا بواسطة هذا العرق . واخيراً كان هناك دواء ثالث اجنبي هو الافيون الذي كان معروفاً منذ القديم، وقد كسب رضى الجمهور، بتأثير جزئي من سيدنهام Sydenham .

ويجب ايضاً ذكر النجاح المدهش الذي ناله الشاي والقهوة والشوكولا وكلها كانت تعتبر من الادوية .

فضلاً عن ذلك ما يزال الشاي ومستخرجاته، وكذلك « الموميا » وهي حبيبة الى قلب باري Paré مستعملة . ولكن المستحضرات من اصل معدني قد تراجعت بصورة تدريجية امام المركبات الكيميائية مثل سلفات الصودا والمنغنيز واليوتاس والاسيدات (الحوامض) والفلويات وكلها حبيبة الى قلوب اهل الكيمياء . وكان الزئبق مطلوباً من اجل الترضيب [استئثار الريق] . وفرض الانتموان (الائمذ) نفسه بعد حرب طويلة . وظهرت ادوية معقدة بشكل بلسم . واخيراً جاءت ماء الكولونيا . ولكن المخزن الطبي سوف يستكمل بالمواد الغازية . فمرهم دي ريفير de Rivière الذي ما يزال مستعملاً حتى ايماننا مثل على ذلك . تشير ايضاً الى دخول المغناطيس في معالجة الاوجاع .

تقنيان جديدتان - الى هذا المجلد يجب ان نضيف مجيدين مهمين : الزرقات الطبية ونقل الدم . هاتان التقنيتان الجديدتان الطبيتان ظهرتتا بذات الوقت وقد سار حولهما جدل متنوع . واذا كانت الزرقة الطبية في الوريد قد بقيت كوسيلة استيطائية، فان نقل الدم، الذي حققه الانكليزي والالمان والفرنسيون والايطاليون، قد منع بسرعة في فرنسا وفي ايطالية بعد الحوادث المميتة التي حدثت بعد النتائج الاولى الباهرة . ومن بين الدعاة لصالح الزرقة الطبية في الوريد نذكر الانكليزي كريستوفر رن Christopher Wren ومعاونيه ونذكر الالمان ج. د. ماجور J.D. Major وم. ايتمولر M. Eitmuller . ومن بين المدافعين عن نقل الدم نذكر من بين آخرين الانكليزي ر. لور R. Lower، والايطاليين ج. كولي G. Colle وف. فوللي F. Folli والفرنسي ج. ب. دينيس J. - B. Denis .

VI - الحياة الطبية

وهكذا، وبالعكس ما يمكن ان يعتقد، كان القرن السابع عشر فترة خصبة في الكثير من النواحي، وبصورة رئيسية في مجالات مهمة او غير معروفة من رجال عصر النهضة . لقد كان فعلاً عصر علماء . ولم يعد الطب حكراً على بعض الاساتذة وعلى بعض المدارس . وقد تمت الاكتشافات المهمة، بصورة عملية، بأن واحد في جهات اوروبا الاربع . واصبح الطب بصورة تدريجية علماً كونياً . وتميز البروز العلمي الذي ظهر يومئذ، بظهور اكايميات، وجمعيات علمية اخرى، خاصة في ايطاليا وانكلترا وفرنسا والمانيا . وقد حرصت هذه الجمعيات وبعض الافراد من الخاصة على تعميم نتائج اعمالهم خارج مدتهم . وكان هذا هو السبب في قيام الصحف والمجلات الطبية والعلمية التي نشرت بسرعة عبر العالم الفكر الطبي السائد يومئذ . نذكر أنّ مؤسس الصحافة تيوفراست رينودوت Théophraste Renaudot كان طبيباً ، وإن أطباء آخرين كرسوا قسماً من نشاطهم لنشر أوراق ، منها ما لم يستمر . منهم في فرنسا ج . ب . دينيس J. B. Denis ونيكولا بليتي Nicolas de Blégnى وخلفاؤهما

وبالمقابل عرف التعليم الطبي اتساعاً لم يعرفه من قبل . فالى جانب المدارس القديمة في باريس ومونبليه وبولونيا وبانو وبيزا وباتي وكامبريدج واكسفورد ولوفان وتوننجن وهيدلبرغ وبالي، ظهرت أخيراً دفعة مدهشة من المدارس الجديدة ، وخاصة في ألمانيا وإيطاليا حيث حرص كل اميران تكون له جامعته الخاصة ، أما لاسباب سياسية أو فقط وطنية أو لدوافع دينية .

وكانت اشهر هذه المؤسسات الجديدة هي جامعة ليد في البلدان المنخفضة والتي عرفت نجاحاً باهراً . ولم يعمل الطلاب من اجل المدارس الجديدة المدارس القديمة التي لم تضعف شهرتها والتي عرفت اقبالا مهماً من الزوار الاجانب . وقد كان عرفاً سائداً ان يبدأ الطالب تعليمه او ان يكمله برحلة كبيرة فارة في فرنسا وهولندا وسويسرا وإيطاليا وحتى انكلترا . وعلى كلٍ كان كل فرد يفضل ان يعود الى وطنه لكي يأخذ منه شهادات الدكتوراه .

من خلال تداخل الشعوب الذي عرفته القرون الوسطى يضاف ايضاً تداخل في الافكار زادت المطبعة والصحافة تفاقماً ، محولة بصورة غير محسوسة ، التعليم الفريدي جداً الذي كانت تعلمه المدارس الوسيطية الى طب وحيد بدت حسناته ملموسة واكيدة ولكن سحره ربما كان اقل .

الفصل الرابع : علم النبات

اصبحت العادات اكثر فاكثراً ضمناً : فعلم النبات تحرر من النشاطات التي التبس بها دائماً، وحاول ان يمشي مستقيماً ، وعن معرفة الى الغاية : حدد ووصف وصنف ضمن مجموعات، النباتات ليس وفقاً لفضائلها ، (الصحيحة أو المفترضة ، وبالنسبة الى الانسان) أو لأصلها بل نسبة الى خصائصها . وكان اشهر نباتي في النصف الاول من القرن، جونج (1587 - 1657) Joachim Jung من هامبورغ، وكان مثلاً صحيحاً لهذا العلم الفتي . والواقع انه قلما اهتم بالناحية العملية او بإضافة معلومات جديدة بل اهتم اكثر بصياغة الاسس النظرية لعلم ما يزال حائراً . ورغم انه لم ينشر شيئاً في حياته⁽¹⁾، فقد كانت اقواله مسموعة بصورة باكرة . وبعد 1660 اخذت كتاباته تنتشر بصورة خفية، واخذت تفعل فعلها الحامس في أفكار مؤسسي المنهجية : ر. موريسون R. Morison وجون ري John Ray أولاً ثم ليني Linné تالياً . وكان جونج Jung يلقب بسيزالينو Cesalpino الجديد، ولكنه كان معاصراً لغاليل وديكارت، وكان يعتبر من حيث المبدأ معارضاً لارسطو.

وناهض الفكرة التيلولوجية القائلة بالتجسيمية اي يعزو الصفات البشرية الى غير العاقلين . ولم يؤمن بالخلق الفجائي . وفي علم النبات رفض احد اقدم المواقف الراسخة ظاهراً : موقف الايمان الشامل بصحة تقسيم النباتات الى اشجار والى اعشاب . كان جونج Jung عالماً موهوباً ، وإن كان قد جاء بقليل قبل عصر التحسينات البصرية او على الأقل قبل استخدامها استخداماً علمياً . وكان يفكر كرياضي وكان يلتزم بالدقة وبالعمق اللذين كانا غير معروفين حتى يومئذ في تحليل الاشكال . واليه يعود فضل ادخال الكثير من الكلمات المحددة المعنى في علم النبات ، والتي ظلت معتمدة مثل الكم او غلاف الزهرة ومثل العرق او الضلع ومثل السوقية او العنق ومثل ما بين العقدتين . وجونج Jung هو الذي حدد لأول مرة، بعد ان استعمل مفهوم التناظر، الجذع والورقة، وخاصة الورقة المركبة (وايضاً مواقع الورقة على الغصن او الجذع) .

(1) أما كتاباه الشهيران فهما « بلاتيس دو كوسكوبيا فيزيكا مينوريس » وقد صدر سنة 1662 ، و « ايساغوج فيتوسكوبيا » وقد صدر سنة 1678 .

وقد خلفه خلفاء جديرون به أمثال ر. موريسون R. Morison وج. ري J. RAY، وتورن فوردي الذين ملأوا بشهرتهم النصف الثاني من القرن السابع عشر. ولكن هؤلاء النباتيين لم ينصرفوا، بعد كل حساب، إلى العلم، بل إلى المنهجية. يجب أن نرى الاصلة الحققة لهذه الحقبة المدرسة. لقد ميز جونج Jung في السابق بين عدة مجالات داخل علم النبات. وكان لا بد من مرور سنوات قليلة حتى يقوم علماء مثل مالبيجي Malpighi وغرو Grew، و. كاميراريوس R. Camerarius باكتشافات مهمة في حقول كانت غير مكتشفة بعد، وذلك بفضل التقدم التقني (الميكروسكوب)، والمنهجي (الطريقة الكمية والتجريبية) والفلسفي (قلب نظريات أرسطو، بصورة خاصة فيما يتعلق بالتغذية؛ الاعتراف بوحدة الكائنات الحية بحكم أنها آلات). أنه قرن عظيم، حقاً، رأى، مع فان هلمونت Van Helmont ومع جونج Jung وخاصة مع ماريوت Mariotte أو مالبيجي Malpighi، نقل الاهتمام نحو الدراسة الوضعية لوظائف النباتات.

وكما أشار بصواب أنيس آربر Anger Arber، لقد طبع شخص اسمه غرو Grew، وبشبات ما سوف تكون عليه المبادئ الجديدة للفكر النباتي: أن الجمال الخفي الذي اكتشفه الميكروسكوب، ألا يدل على أن النباتات لم تخلق أبداً لصالح الإنسان أو لأنسه. اليس هي كما هي مستقلة عنه، سواء كان له أم لم يكن له العقل والوقت الكافي والقدرة على فهم كيفيتها؟

إن دراسة بنية النباتات أصبحت حجة جديدة تدعم مفهوماً موضوعياً للطبيعة. وعندما ما هو دور السمات والبنيات؟ كتب جون شيلر J. Schiller يقول: «أن العلاقة الوثيقة بين البنية والوظيفة هي المفهوم الذي يسيطر على الفيزيولوجيا في النصف الثاني من القرن السابع عشر».

وعلى نفس النسق بدأ مفهوم قيمة تصنيف النباتات يفرض نفسه. وسوف يتيح نمو علم الأشكال (المورفولوجيا)، والتقدم الحاصل في مجال معرفة عملية التوالد، ازدهاراً سريعاً لعلم التصنيف. وأصبحت الزهرة فجأة سفرة سواء في تكوينها أم في وظيفتها: وبإمكان ليني Linné أن يأتي.

الفيزيولوجيا النباتية - هناك أسلوبان للعمل في مجال علم النبات: هكذا قال كلود بيرو Perrault عضو الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس، في كانون الثاني 1667، أحد هذين الشكلين يعود إلى التاريخ (علم التصنيف) والآخر يعود إلى فيزياء النباتات (فيزيولوجيا) ورسم في إطار هذا العلم الأخير برنامج دراسة ميكروسكوبية وتجريبية من أجل زيادة المعرفة (بما يساعد على ولادة وتفلية النباتات وما فيها من مظاهر أخرى ملحوظة). هذه هي المواضيع الكبرى المحددة: التوالد والخلق، النمو، الغذاء. وكانت هذه المواضيع لم تناقش منذ القدم. ولأن تم السعي إلى إخضاعها لتجربة الميكروسكوب والتحليل التجريبي. والشيء الذي لفت النظر في هذه الحقبة، حقبة بدايات الفيزيولوجيا النباتية، هو الرغبة في معرفة حقة لداخل النباتات ولخصائصها. وبدأ التشرح. واخذوا يستعملون كل وسائل كيمياء كانت ما تزال طفولية، وخاصة الحرق أو التريسد من أجل فهم أكبر للتركيب الداخلي للنباتات. وكتاب «مذكرات تستخدم لتاريخ النباتات» المحررة من قبل د. دودارد D. Dodard، بمساعدة أكاديميين آخرين فرنسيين (كلود برو Claude Perrault وماريوت

Mariotte ، ويوردلين Bourdelin ، وف. دولاهير Ph. de la Hire ، ومارشان Marchant الخ ، سنة 1676 او 1675) ، هؤلاء جميعاً أثبتوا ماهية علم النبات ، في انجازاته واساليبه ومشاكله ومشاريعه . وكماستند ، اول ربما ، حول التحليل النباتي الكيميائي ، وبصورة خاصة دور هذا التحليل في خدمة التقدم في علم التصنيف ، سجلت هذه النشرة مرحلة :

يقول دودار Dodart : « نبالغ كثيراً ان رفضنا الافتراضات التي يمكن استخلاصها من السمات الخاصة جداً ، ونفسح المجال قليلاً الى اقامة بعض الاشكال الجديدة وبعض الانواع الجديدة . » .

ولكننا لا نحس هنا وبصورة واضحة بالارادة الفيزيولوجية التي نجدها في احدى « محاولات » ماريوت Mariotte بعد عدة سنوات . الواقع ، وقد اشرنا الى ذلك كثيراً كانت الاعمال الاولى للفيزيولوجيا النباتية التجريبية قد قلمت بفضل ج. ب. فان هلمونت B. Van Helmont - J. ، ووصفت من قبله في كتابه « اورتوس مديسينا Ortus Medicinæ » بعد 1648 . وقد عرف فان هلمونت Van Helmont ، مستوحياً بحق ، نصاً لنقولا دي كُزي Nicolas de Cues (كتب حوالي 1450) ، كيف يبين تجربته وفقاً لاسلوب كمي كله حداثة ، وفيه تدخل الرقابة على المتغيرات .

ويمكن القول ، ان نحن نجردنا من العصور القديمة (غاليلان) ان فان هلمونت Van Helmont قلما سبق في هذا الطريق الا من قبل الطبيب سانتوريو ، من بادو ، الذي كان يطبق الاسلوب الكمي منذ بداية القرن السابع عشر . وقد استنتج فان هلمونت ، ضد ارسطو الذي كان يؤمن بوجود اطعمة جاهزة في التربة ، ان النباتات تستمد غذاءها من الماء (وهو أحد العناصر الاربعة عند امبيدوكل Empedocle بعد الهواء والأرض والنار ، التي تشكل المادة) .

ومضت عشرون سنة قبل ان يعاد الى الموضوع . وفي سنة 1668 ، وبعد ست سنوات من نشر نظرية ديكارت حول الانسان الآلة ، شرع فيزيائي كبير هو الكاهن ادمني ماريوت Edme Mariotte (1620-1684) ، في تطوير افكاره حول المسائل الكبرى في الفيزيولوجيا النباتية . وكان ماريوت Mariotte ديكارتي مؤمن بالاسس الميكانيكية في الحياة . وسوف يقدم في سنة 1679 افضل كتاب عن الفيزيولوجيا النباتية في القرن السابع عشر . وظل هذا الكتاب اساسياً حتى صدور كتاب : « ستاتيكال اكسبريمنتس Statical Experiments » لستيفن هال Stephen Hales (1727) : وقد دمج هذا الكتاب في كتاب محاولات حول الفيزياء (وفيه ثلاث) او مذكرات لخدمة العلم بالاشياء الطبيعية . وكان عنوان الكتاب دالاً عليه : محاولة « زرع النباتات » لعلاج بكفاءة غير مسبقة مسائل صعود النسغ والغذاء للمعدني والنمو . ودرس ماريوت وهو مفتتح بالطبيعة الفيزيائية في الحياة ، درس هذه الحياة مثل خصائص الهواء والحرارة . وهو كفيزيائي رفض ارسطو ودعا الى تصور للنخلق المفاجيء . لا توجد نفس يونانية ، ولا يوجد ايضاً سبق تكوين للنبتة في البذر كما يعتقد مالبيجي Malpighi . ونجد عند ماريوت Mariotte العناصر الاولى لنظرية ذرية جول الخلق وحول النمو وهي امور عاد اليها موبرتوي Maupertuis ويوفون Buffon ثم دارون Darwin .

وفيا خص التغذية المعدنية وضعت مبادئها بصورة واضحة وبعبارة واضحة. فالنار كعنصر، مستبعدة. كتب ماريوت يقول : « اعتقد ان النار مؤلفة من نفس العناصر التي تكون المواد الملتهبة ». ولا يأخذ ماريوت الا بالارض والماء والهواء. ان التربة تستمد من التربة « المبادئ » الكبيرة والمنظورة ، وهذا ما نسميه بالعناصر المباشرة : وهي تتكون من غازات العناصر الايسر ، الناتجة عن اتحاد العناصر النهائية التي لا يستطيع اي « تخاليل ان يراها ». ونعثر بالفعل بالنباتات ، على المبادئ المكتشفة في الارض . وسنداً لماريوت تتكون هذه المبادئ انطلاقاً من ذرات الهواء المعرضة لتأثير البروق . وبعد ذوبانها في الماء تنتقل الى الارض حيث تمتصها الزغابات الماصة في الجذور ويعملها النسغ . وقد جرت تجارب منها التطعيم مثلاً فدلّت على ان النباتات بذاتها هي التي تستخدم بحسب انواعها العناصر الكيميائية الاولى وهي التي تصنع المادة الملائمة لها : ان الغذاء لا يكون مصنعاً بصورة مسبقة ، وكذلك النطفة . ان كل نوع نباتي هو آلة خاصة تستخلص وتركب مادتها الخاصة .

ولكن كيف تشتغل هذه الآلة ؟ لم يكن ماريوت Mariotte بهذا الشأن موهوباً مثل مالبيجي Malpighi الذي اعطى للورقة دورها كعضو اسامي في التغذية . وقد لاحظ ضغط النسغ وعبرف وجود نوعين من النسغ ولكنه قلما فهم الظاهرات كما فعل بيرو Cl. Perrault (1613 - 1688) الذي اشتهر في سنة (1668) عندما تحيل نظرية دورة حقة شبيهة بدورة دم الحيوانات. ويجب ان يسجل لصالح ماريوت انه لاحظ اهمية عامل النور، وانه رسم علم بيئة نباتية، وذلك عندما لاحظ بذكاء عدداً من الاحداث المتعلقة بتكيف الانواع، ويدور الندى، الخ.

وكانت نظرة مالبيجي هي الاصح ، بعد ان جرّ الى فكرته حول الورقة بالملاحظة العقلانية للنطفة ، وكانت نظريته يومئذ صائبة حول ما سمي فيما بعد دورة النسغ . وكان يرى وجود حركة في الجذر تنزع نحو الاعلى من الشجرة ، وحركة اخرى تنطلق من الاوراق نحو الاعضاء الاخرى . ولكنه للأسف غفل عن دور الاعوية حين شبهها بالقصبه الهوائية عند النباتات .

وقد وجدت في القرن السابع عشر ملاحظات كثيرة مهمة جداً تتعلق بالفيزيولوجيا كان لا بد من جمعها يوماً ما . وبين الايطالي ج. اروماتاري G.Aromatari في كتابه « جينراسيونى بلاتناروم De Generatione Plantarum » (1625) ان النطفة لم تكن الا ابنة مصغرة، وشبه المواد الاحتياطية مثل الزيت والاليرون (مادة في بذر النباتات) شبهها بالزلال في الحيوانات .

ودرس العديد من العلماء حركة النباتات . ولاحظ بورلي Borelli وآ. كاميراريوس A. Camerarius . تهيج السداة (عضو الذكورة في البتة لدى نبات القطاني) في حين ان هوك Hooke تعلق بدراسة أناتوميا وفيزيولوجيا أوراق الميموزا ايديكا .

اعطى ج. ري J.Ray في كتابه « تاريخ النبات » مكانة مهمة لحركات الاوراق، والازهار، والسدات (اعضاء الذكورة في الزهرة) ؛ ودرس منهجياً ردات الفعل تجاه الحفز، حفز اوراق البقول، وحاول ان يفسر هذه الظاهرات بالوجود المحتمل الاشكالي لتوتر ميكانيكي في الانسجة، يتغير مع

الحرارة. وحقق جان كورنوت J. Cournot من جهته، أبحاثاً مفيدة حول تفتح الزهر بحسب درجة الحرارة، ودرس الحركات الدورية لأوراق الروبينية، ظاهرة كان ليّني Linné سماها نوم النباتات.

وفي سنة 1660 نشر روبرت شاروك Robert Sharrock تجاربه حول اتحناء الجذع باتجاه الضوء. وفي سنة 1700 عاد دورار الى هذه التجارب، وعممها وتفحص بشكل اخص مفعول الجاذبية الارضية على نمو الجذور والاغصان موضحاً بالتالي فكرة الانجذاب نحو الارض.

بنية النباتات - اتاح اختراع الميكروسكوب المركب وتحسين الميكروسكوب البسيط اجراء الاعمال الاولى حول التركيب الداخلي للنباتات، والاكتشافات الاولى المتعلقة بالأجسام غير المنظورة بصورة طبيعية

وتكون التشريح النباتي بعد الجهود المتنازعة تقريباً التي قام بها علماء من ذات الصنف من العظمة : كان هناك عالمان ميكروغرافيان، الفيزيائي الإنكليزي روبر هوك Robert Hooke (1635 - 1703) ثم العصامي الهولندي انطوني فان ليونيهوك Antony Van Leeuwenhoek (1632 - 1723)، وطبيب مارسيل مالبيجي Marcello Malpighi (1628 - 1694)، ثم نيميا غرو Nehemiah Grew (1641-1712)، عند هوك الذي نشر كتاب الميكروغرافيا 1665 كما عند ليونيهوك Leewenhoek الذي عرف بأعماله بشكل رسائل أرسلها الى الجمعية الملكية، وبعد 1673 اكتمل العلم المعني بشكل مدمش، إنفاً مزوج بعلوم أخرى. ودون أن يعرف نفسه كعلم. ويعود الى هوك الفضل في نشر الملاحظات الأولى (قبل مالبيجي بعدة سنوات) حول السنج الخلوي، وبالنسبة الفلين المتكون من خلايا صغيرة تقتصر على قشرتها؛ وانه قدم الدراسات الأولى عن أشياء متنوعة: بلور، بوغات [جسم صغير في الفطر وظيفته احداث التناسل اللاشقي] الفطور الدنيا، الطحلب البحري، والأخشاب المهترئة الخ.

وصوره للطحالب الكبيرة جداً، ملفنة بشكل خاص. أما ليونيهوك Leeuwenhoek من جهته، وهو اعظم ملاحظ عرف، فله الفضل في اكتشاف البروتوزوير والبكتيريا (كليفورد دوبل Clifford Dobell، فقد نشر اولى قِطع الخشب، ووصف الاوعية المنقطة والمشبكة التي اشار اليها هنشو Henshaw، كما وصف ترتيب الضمم النجية الخشبية عند الجيوب ذات الفلقة الواحدة (مونو- كوتيلدون Monocotyledones) وعند ذات القطعتين [كالفاصوليا] او الفلقتين. وفي كتابه نجد اولى المراجع الدالة على وجود البلورات عند النباتات (الملاحظة في جذر ايريس فلورنتينا Iris Florentina)، ووجود الاميدون (النشاء) في بعض الطحين.

ورغم الاهمية الرئيسية في هذه الاعمال، فانه لو كان علينا ان نحدد تاريخاً لبدء التشريح النباتي، فاننا نختار سنة 1672، السنة التي تلاتت فيها البحوث المتقارنة التي قام بها كل من مالبيجي Malpighi وغرو Grew منذ 1663 و1664، امام الجمعية الملكية. وكان هذا اللقاء حدثاً عظيماً، لقاء هذا الكتاب الصغير غير المعروف : تشريح النبات The anatomy of vegetables begun

وعطوط مالبيجي Malpighi، أناتوم بلاتناروم ايديا Anatomes plantarum المنشور سنة 1675 في القسم الأول من اناتوم بلاتناروم . . . Anatome plantarum . هذه المؤلفات - بفعل وحدة مسارها الاجمالي، ورغبة في ابراز قيمتها، مضافة الى توافق غريب في الحركات زمانياً ومكانياً - تدل تماماً عن وعي جديد للغاية . فمئذ 1654، اشار فرنسيس غليسون Francis Glisson، في كلمة حفظها غرو Grew، الى الاهمية المحتملة لتجاوز التشريح الحيواني من اجل الوصول الى تشريح عام ومقارن. ان هذه الرغبة بالذات في علم يتناول بنية كل الكائنات الحية - نجدها عند غرو Grew وعند مالبيجي Malpighi، اللذين انطلقا من التشريح الحيواني. ان هذا العلم لا يمكن ان يكون من فعل الميكروغراف مهما كانوا عظيمين وملهمين حسب طريقتهم . في سنة 1682، ظهر العمل الكبير، عمل غرو : « اناتوميا النباتات » The anatomy of plants؛ لقد نشر القسم الثاني من اناتوميا بلاتناروم Anatome plantarum لمالبيجي Malpighi سنة 1679 . وفجأة بعد 1672 و1682 تلقت الاناتوميا [التشريح] النباتية اسسها بصورة رسمية : وهي ما تزال قائمة حتى اليوم .

ان تقديرات مالبيجي متعددة : اكتشاف الاوعية الحارضية (1663)، الاجهزة المصاصة، الانسجة الخلابة، ونقطات القصيبات او المجاري الشعرية في خشب الاشجار الصنوبرية، الخ . ومنها الاعمال الاولى المهمة حول الجرب بانواعه؛ الاوصاف التي تتناول انسجة اللحاءات والأخشاب . وبصورة خاصة الدراسات الاساسية حول النمو، وبصورة خاصة بنية البذور واستنباتها، وما نتج عنها من فصل وتقسيم النباتات ذات الزهر الى فئتين : وحيدة الحبة او الفلقة ومزدوجة الفلقة .

وقدم مالبيجي ايضاً تقديرات من نوع آخر . واذا كانت تدرج في سلبات العلم، فان التفكير المعارفي يتمسك بها ويحميها : انها بالذات النواقص (مثل الفكرة بسبق التكوين داخل البيضة) او مجرد القصور ما تجده في منقلب كل اكتشاف عظيم .

لماذا شبهت الاوعية المدورة ، التي لحظ وجودها في جزء من خشب الكستناء بالقصبات الهوائية في الحشرات ، ونظر اليها وكأنها « انابيب » هواء مخصصة للتنفس ؟ ولماذا لم يفتش، في الانسجة الحيوانية ، عن الفُرُثيات (او خلايا هوك Hooke) التي تشكل الانسجة النباتية والموصوفة بأنها ملتصقة فيها بمادة يمكن تدويرها بالغليان ؟ .

الجواب يبدو بسيطاً ، في الحالة الاولى ، المقارنة تتناول وظيفة معروفة وغير مفهومة مجملها : من هنا ، وبأن واحد ، الاهتمام بها والخطأ في الحكم بشأنها . وعلى العموم ، ان المشابهات الوظيفية (مجال التنفس والدورة الدموية ، والتناسل) هي التي ادت الى البحث عن المقارنات البنيوية . لهذه الأسباب لم يحاول الدارس للانسجة مالبيجي (وهو مكتشف الشعيرات) ان يبحث عن « الفُرُثيات » عند الحيوانات (حيث ملاحظتها تبدو أصعب) .

وكان لا بد من انتظار قرن ونصف وتطور الافكار تطوراً كافياً حول التوالد والنمو الى ان تجمعت الظروف الضرورية من اجل صياغة النظرية الخلوية .

ولم يكن تأليف غرو Grew في التشرح النباتي اقل اهمية من تأليف مالبيجي Malpighi. واذا كان غرو Grew قد بدا اقل اهمية من هذا الاخير فيما يتعلق بتصور الطبيعة الخلوية للانسجة، فان ذلك لا ينفي عنه أن يكون صاحب عدد كبير من الملاحظات الجديدة المتعلقة بعلم الأشكال، والتي تتناول ترتيب وشكل وبنية كل اجزاء النبتة : الجذر، الجذع، الورقة، الزهرة (فقد كان اول من صور حبوب اللقاح او الطلع) والثمرة والحبة (فقد ميز بوضوح بين حبات السويداء « البومين الثمرة »)، ثم البراعم. كما انه افتتح بشكل خاص نهج تقديم قطع الخشب، بحسب الاوجه الثلاثة: العرضي والنصف قطري والمماسي او الإعتراضي (المنحرف) وإدرك مبدأ عمل المنطقة القلبية، وعرف كيف يكتشف موقعها بين الخشب واللحاء . ومن ميزاته ايضاً العظيمة، انه اكتشف اعضاء الذكورة في النبات ويميزها .

كاميراريوس Camerarius والشقية النباتية - يعود الفضل في اول تبيين للشقية النباتية (الجنس) الى الالماني رودولف ج. كاميراريوس Rudolph J. Camerarius (1665 - 1721) قبله، ومنذ العصور القديمة كانت الفكرة معروفة. وفي بعض الاحيان جرت تجارب. ورغم ذلك بقيت الامور حتى غرو Grew (وحتى توماس ميلنتون Th. Millington) سنة 1682، مقصورة على الوقائع المعزولة المفردة ويدون نتائج بعيدة المدى. وانطلاقاً من هذا التاريخ تغير شيء ما. فبعد (1686- 1688) بنى جون ري John Ray الاراء التي اعلن عنها مواطنه العظيم. وبعد ذلك بقليل، وبالاتفاق مع غرو Grew، اخذ القِيم العام للبستان النباتي في اوكسفورد، جاكوب بوبار Jacob Bobart، يجري تجارب على نباتات ذات « جنس » منفصل، (ليشنيس ديوكا Lychnis dioica). وفي سنة 1691 نشر اليسوعي الايطالي ف. بيواني F. Buonanni لوحات تمثل حبوباً لقاحية ملتصقة بالشقوق في نبتة اسمها غيموف Guimauve ونبتة اسمها فاليريان Valériane .

وها نحن في سنة 1694 : وضع كاميراريوس Camerarius في رسالة شهيرة (ايبستولا دي سكسو بلانتاروم Epistola de sexu plantarum) ان الزهرة تعمل اعضاءاً تناسلية ، وان هذه الاعضاء يمكن ان تفصل فوق نباتات مختلفة (شجرة توت، شجرة حبوب) او يمكن ان تجتمع في نفس النبتة (خروع، ذرة)، وان تعاون « الاجناس » ضروري لانتاج الحبوب الخصبة .

ووضعت اعمال كاميراريوس، اضافة الى اعمال الفيزيولوجيين والمشرحين، اسس نظرية عامة؛ هي هنا نظرية الشقية الجنسية كوظيفة مشتركة بين الحيوان والنبات. ومرة اخرى ايضاً كانت الانطلاقة من فرضية تقول بالمائلة الوظيفية . وفي هذا المجال من التوالد، حيث كانت العوائق اقل تقنية مما هي مفاهيمية، تم الذهاب الى ابعد مما تسنى في المجالات الاخرى: لقد اكتشفت الوظيفة وعرفت الاعضاء (الخارجية على الاقل) .

نقول ايضاً انه مع بوبار Bobart، وخاصة مع كاميراريوس Camerarius، كانت الطريقة التجريبية قد دخلت في بيولوجيا التوالد، وبفضل مساعدة الميكروسكوب في هذا المجال، فتحت هذه

الطريقة السبيل الذي سوف يكون المميز بخلال القرن الثامن عشر .

التصنيف - ان علم النبات (بوتانيك). بشكل منهجي وشامل، كما هو مائل من مجمل اعمال المصنفين الكبير، في النصف الثاني من القرن 17 وهم: ر. موريسون R. Morison، وج. ري J. RAY، وتورنفور Tournefort، وريفينوس Rivinus، وماغنون Magnol، قد تأثر الى حد بعيد باعمال جونج Jung، الذي تكلمنا عنه سابقاً، ويكولونا. وفيه نجد مبادئ اساسية معلنة او مطبقة متأمة من اعمال جونج Jung بخط مستقيم: من جهة، العودة الى الزهرة والثمرة، والبذرة، وليس الى الورقة من اجل معرفة تقارب النباتات فيما بينها (انواع ومجموعات عليا)؛ ومن جهة اخرى، العودة الى التركيب. حل اعتمده الالماني ريفينوس Rivinus (= أ. باشمان - A Bachmann 1723 - 1652) - فيما يخص تقسيم النباتات القديم الى اشجار واعشاب.

وبشكل خاص، موريسون Morison - الذي لا يعترف باي دين، ويزعم انه استمد طريقته من ملاحظة الطبيعة وحدها - ثم تورنفور Tournefort، يدينان بالشيء الكثير الى الايطالي فابيو كولونا Fabio Colonna (1567 - 1650).

كتب كولونا Colonna يقول في « إكفرازيس Ekphrasis »، «ان تقارب النباتات يتم، سداً للزهرة وكأن (كرسي) البذرة بل والبذرة بالذات». نصيحة معلم، من منشأ غسيري، تدل بوضوح على ولادة مبدأ التبعية في الصفات. ويعزى الى كولونا ايضاً انه امسك بالفرق الموجود بين الاوراق الحقة، والاوراق - الزهرية التي اقترح تسميتها بكلمة بيتال Petale (= تويجية - بتلة)، وهي كلمة استعملها ري Ray سنة 1682 وادخلها نهائياً في اللاتينية النباتية [أصل الكلمة يونانية بيتال]. (راجع و.ت ستيرن W.T. Stearn، «بوتانيك لاتين 1966 Botanical Latin»).

ولم يكن لجونج Jung وكولونا Colonna تأثير إلا بعد موتهما. ومع الاسكتلندي موريسون Ecosais Morison ومع ري Ray ندخل بصورة مباشرة مع علم النبات الحديث. كان روبرت موريسون Robert Morison (1620 - 1683) الاول الذي حاول تطبيق طريقة سيزالپينو Cesalpino وتصنيف النباتات بحسب الشكل وبنية الثمرة. وبعد 1672، وفي دراسة ملحوظة حول الصيوانيات، صاغ مفهومه ونقله على هذه الاسرة المختارة بشكل خاص. ولكن مبادئ نظامه لم توسع الا في مقالة بعد وفاته، نشرت مغفلة من الاسم (وربما تعود الى بوبار Bobart)، سنة 1720، من الناحية العملية، لا يدل تصنيف موريسون Morison، كما ظهر في (بلانتارم هيستوريا - Plantarum historia universa 1680... lis.) على تقدم ملحوظ، الا انه كان مفيداً جداً، ومنه انطلق ري Ray. كان جون ري (1627 - 1705) John Ray قد نشر سنة 1660 جدولاً بالنباتات التي جمعت من جوار كمبريدج. وبعدها قام بعدة رحلات، عبر بريطانيا (1660 - 1663) ثم (1663 - 1666) مع العالم في الحيوانات ويلوفبي Willoughby، عبر اوروبا، كان ري Ray عالماً طبيعياً كاملاً، باق واحد حيوانيا وجيولوجياً ونباتياً وحتى فيزيولوجياً.

ودلت الاعمال حول دورة النسخ في الاشجار (1669) على مدى اتساع اهتماماته. لقد كان علماً يهتم بالمعلومات ويترصّد البحوث الجارية. وعلى العموم عزى اليه الاسبقية سنة (1674) في اكتشاف بنيتين للحبة: الحبة ذات الورتين وغيرها. والواقع انه عرف خطوطه مالبجي التي وصلت الى لندن سنة 1672. وميزة راي Ray انه لم يكتف فقط بملاحظة السمات التي اشار اليها مالبجي وانه زاد في انتشارها، وانه اخيراً ادرك اهميتها التصنيفية: في سنة 1682 اطلق الكلمات التي ظلت تعتبر كلاسيكية وهما وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة، كما انه في سنة 1703 ادخل هذه الكلمات في كتابه (ميتودوس بلتاروم Methodus Plantarum). وجعلها ضمن تصنيفه للنباتات العشبية. لقد كان في هذا خطوه عظيمة الى الامام. فقد كان من الضروري مرور اكثر من 20 سنة حتى يصبح الاكتشاف مطبقاً بصورة منهجية.

وقد نشر الاسقف ج. ولكن J. Wilkins، في كتابه « الصفات الحقة » سنة 1668، جداول شاملة جامعة للنباتات التي وضعها راي Ray. ولكن راي Ray في كتابه « بلتاروم ميتودوس نونفا Plantarum methodus nova » لسنة 1682 وخاصة في كتابه « تاريخ النباتات العام Historia Plantarum generalis » 1686 - 1704، حيث وصف 18699 نبتة، وسع اطار مفهومه. كان راي Ray تلميذاً لسيزالپينو Cesalpino ولجونج Jung ومضى ضمن خط موريسون Morison: ان المعايير المأخوذة من الزهرة ومن الثمرة ومن البزرة اعطت بين يديه نتائج ممتازة. وبواسطة راي Ray اكثر من تورنفور Tournefort نزعته المنهجية نحو مستوى العلم العالي الحق المضمون المستقبل. وقد تغذى من غرو Grew ومالبجي Malpighi، وهو بذاته فيزيولوجي، فكان اول منج فهم حق الفهم معنى الزهرة وبنيتها، وهو ايضاً الذي اوحى بتعريف للنوع مركّز على التوالد. وكان مرجعه الأخير الواقعة أنه عدا عن بعض التغيرات (التي تعزى الى الفرد أو الى البيئة)، يكرر النوع نفسه بنفسه.

ومع اعتقاده، مثل كل علماء الطبيعة في عصره، بثبوتية الانواع، لاحظ راي Ray بان البذور يمكن ان تتراجع وتصف وتولد بنبتات مختلفة عن الابوين: وسمى هذا بالتحول النوعي. هذه المقولات المتنوعة والمهمة جعلت من جون راي John Ray واحداً من أعظم علماء الطبيعة في كل العصور.

وكان بيار ماغول Pierre Magnol (1638 - 1715)، قد استلهم تصنيفاً طبيعياً للنباتات عند مستوى مرتفع، وبين في سنة 1689 ان النباتات يمكن ان تجمع، سنداُ للتشابه بينها، ضمن اسر طبيعية تشبه الاسر البشرية او الحيوانية ولكن النظام الذي اقترحه المرتكز فقط على الكأس، كان في الواقع اصطناعياً جداً.

وكان لري Ray زميل فرنسي هو جوزيف بيتون Joseph Pitton الشهير بتورنفور Tournefort (1656 - 1708). وكان مغرمًا بعلم النبات منذ طفولته، فأخذ يهتم بالأعشاب في جوار مونبيلي وفي جبال الالب جامعاً العناصر الأولى لمعشبه الشهيرة، التي هي إحدى ثروات ميزيوم باريس. والنباتات

الجديدة التي جلبها أثناء رحلته الجديدة في جبال البيرين الوسطى وفي كتابه *Catalogne* اعطته شهرة براقه .

وفي سنة 1683 استقال فاغون Fagon لصالح تورنفور Tournefort ، كاستاذ في بستان الملك وكانت دروس تورنفور وتعشيباته قد جلبت له جمهوراً ضخماً . واستمر في رحلاته النباتية ، فذهب إلى اسبانيا والبرتغال وإنكلترا وهولندا . وفي سنة 1694 أخرج كتابه الأول عناصر البونانيك في ثلاثة مجلدات مزينة بـ 451 لوحة رسمها له الرسام اوبريه . هذا الكتاب الذي ترجمه إلى اللاتينية سنة 1700 تحت عنوان « *Institutiones rei herbariae* » كان مؤلفاً رئيسياً في تاريخ علم النبات . إذ فهم تورنفور Tournefort كل الجدوى التي يمكن أخذها من شكل ومن ترتيب الوريقات التوجيهية والازدهار . وكان أول من ميز العديدة التويج والوحيدة التويج والمتعددة التويجات . ثم مركزاً على القاعدة بأن الأزهار منتظمة وغير منتظمة ومركبة ، صنفها إلى 22 أسرة . وكان لاسلوب تورنفور نجاح ضخم . فقد كان ما أراد له مؤلفه أن يكون : بسيطاً واضحاً وعملياً . وكانت منهجيته أقل طموحاً من منهجية ري Ray . فقد أرادها أن تكون قوية قبل كل شيء ، والشئ الذي يجب حفظه ، وهو أنه أي تورنفور كان يعكس ما كتب عنه فونتيل Fontenelle ، حيث جهد بإيجاز تصنيف طبيعي . وكان كمنهج ، مقتنعاً بإمكانية المعرفة الموضوعية : « فالأشكال تزود مستقلة عن المصنف وهي تتميز بصفتها المشتركة لدى كل من أنواعها ، صفة نستخدمها كدليل لكي نرتبها ضمن مكانها الطبيعي » . وإذا لم يكن تورنفور هو حقاً خالق مفهوم الشكل فقد كان له فضل تبيين أهميته وتعميم استعماله وتوضيح صفاته . فضلاً عن ذلك أن أشكاله قد حفظت كلها تقريباً من قبل ليني Linné وكذلك غالبية أسره : الفصيلة الشفوية ، وعديدة التويجات والصيوانيات والزنبقيات وكلها طبيعية تماماً .

ونضيف أخيراً أنه ميز بعناية بين الأنواع والمتوعات . وهذه المفاهيم استعيدت واستكملت بعد رحلته الشهيرة إلى الشرق (1700 - 1702) في كتابه « *كورولاريوم* ارباريا » (1703) وهو ملحق لكتاب انستيتوسيون ، اضاف فيه 1356 نبتة جديدة . وبعد موت تورنفور سنة 1717 نشرت « رحلته » إلى الشرق ، وهو كتاب ترجم إلى عدة لغات . وكتب عنه الاب غيرال PGuiral فقال : « كل شئ مرتبط بفضل تورنفور : سهولة الاسلوب وفضول العالم وامانه الاستقصاء وخفة الروح » .

واشتهر في القرن السابع عشر علماء نبات اخرون مثل الانكليزي ل. بلوكت L. Pluknet (1642 - 1702) والطبيب الالماني ب. هرمن 1640 - 1695 P.Hermann وكريستوف نوت 1638 - 1694 Christoph Knaut ، ولكنهم ظلوا بعيدين وراء الرجال الكبار الذين تكلمنا عنهم .

النباتات - بعد المنهجية أصبحت النباتات شغل العديد من الاعمال وبصورة خاصة في فرنسا . في سنة 1635 أصدر الطبيب الباريسي كتاباً كان الاول عن ازهار ضواحي باريس . وصف فيه 462 نبتة مع مواقعها . ودرس غاريديل Garidel نباتات بروفانس Provence . وقام الاب باريليه P.Barre (1606 - 1673) lier باستكشاف البروفنسا ولونغ دوك واسبانيا واطاليا . وخطوطة التاريخ العام

للنبات الذي اعده احترق ولكن لوحاته انقلدت ونشرت من قبل آ. جوسيو (A. de Jussieu 1714) وفيها مئة نوع جديد.

ولكن سبستيان فايان (Sebastien Vaillant 1722 - 1669). مسكوتير فاغون Fagon ثم استاذ في الجينية الملكية في باريس هو الذي عرف، في كتابه نباتات باريس حيث عدد وفقاً للترتيب الابدجي النباتات الموجودة حول باريس، وكان الكتاب مزيناً بـ 300 صورة رسمها اوبريه وفايان هذا هو الذي عرف بنباتات هذه المنطقة بما فيها كريبتوغام. واشتغل بهذا الكتاب 36 سنة، وامن طباعته بورهاف Boerhaave في سنة 1723. وحفظت معشيته في الموزيوم.

ونشر تورنفور سنة 1698 تاريخاً للنباتات التي تولد في ضواحي باريس، وهو كتاب ما يزال ثميناً من جهة تعيين الاماكن التي زالت منذ زمن بعيد. وحقق برنار جوسيو Bernard de Jussieu هذا الكتاب واعاد نشره سنة 1725.

وقدم ماغنول Magnol سنة 1676 كتاباً عن نباتات منطقة مونبلييه وفي سنة 1689 نشر كتابه الرئيسي «برودروموس Prodrum جنراليس بلتاروم» حيث صنفت النباتات في 76 جدولاً وميزت بصفتين او ثلاث صفات : محاولة اولى للتحديد السهل للنباتات. اما المعشية المأخوذة من جملة بلدان اوروبية، والتي وضعها ج. برسر J. Burser فقد اعطيت ل. ج. بوهيم J. Bauhim. وجدوله نشر جزئياً سنة 1724. اما نباتات المانيا فدرست من قبل ل. جنجرمن L. Jungermann، وم. هوفمان M. Hoffman وابنه (نباتات الدورف وجيسن) وج. لوزل J. Losel وج. غوتشد J. Gottsched. (نباتات بروسيا) وفولكامر Volkamer (نباتات نورمبرغ) ؛ ونباتات هولندا من قبل ج. كوميلين J. Commelin.

وزيادة على اعمال جون ري J. Ray، سواء فيما يتعلق بالجغرافيا النباتية في اوروبا كما فيما يتعلق بنباتات بريطانيا، يتوجب ذكر «فيتولوجيا بريتانكا» لـ و. هو W. How الذي ذكر 2220 نبتة و«مكتوبيا اليسرانا» لـ ر. سيبالد R. Sibbald ووصف اولوف رودبك Olof Rudbeck الصغير (1660 - 1740)، وهو أحد أساتذة ليني Linné، وصف نباتات لاپونيا Laponie في حين ان نباتات سبيتزبرغ Spitzberg وغرونلند Groenland درسها فرنسوا مارتن Fr. Martin ونباتات الدانمارك درسها س. بولي S. Paulli الذي استعمل، كلمة فلورا للدلالة على كتاب. اما نباتات ايطاليا فكانت موضوع لعدة دراسات : نباتات صقلية درست على التوالي من قبل الاب كاستيلي P. Castelli ومن قبل بونسي غليولي Bonsiglioli ومن قبل الاب بوكوني (1633 - 1704) P. Boccone. ووسع هذا الاخير جدولهُ فشمل كورسيكا ومالطة والييمونت وفرنسا والمانيا. فضلاً عن ذلك نشر في سنة 1692 جدولاً بالنباتات ونشر ج. غريسلي في سنة 1661 اول دراسة عن نباتات البرتغال.

اما النباتات الدنيا فاختُصتُ ببحث. نذكر منها في فرنسا اعمال عائلة مارشان Marchant. وكان نيقولا مارشان Nicolas Marchant طبيب غاستون دورليون Gaston d'Orléans، فقدم ابنه الى

الامير مجموعة من النباتات الكبدية سماها المارشتيا. وكان نيقولا Nicolas هذا واحداً من المؤلفين الرئيسيين لكتاب اوصاف النباتات الذي نشرته الاكاديمية سنة 1676. ونشر ابنه جان Jean وكان مديراً لمصالح الزراعة في البساتين الملكية، مذكرات عديدة حول العشيبات «موسى». ونشر اخيراً الى الايطالي ف. كافاليني F.Cavallini الذي درس نباتات مالطة، واصدر أيضاً كتاباً عن عشيبات كورسيكا.

نباتات بلاد ما وراء البحار - تقدمت دراسة نباتات البلدان البعيدة تقدماً كبيراً. بخلاف القرن 17. وقد ساهم علماء النباتات الفرنسيون، وبصورة خاصة، رجال الدين والبحارة، بقسم وافر فيها، يدعمهم فاغون Fagon الطبيب الاول لدى لويس 14، الذي كان صديقهم الوفي، وأضعا تحت تصرفهم ماله من حظوة كبيرة في البلاط. وهو، بصورة خاصة، الذي سمح بلوميه، ثم لفييه بالذهاب الى اميركا، ولتورنفور في زيارة الشرق.

وقد سبق لـ ج. كورنوت J.Cornut 1635، ان وصف 79 نبتة من كندا، سنداً لعينات لوحظت في جنائن الأخوة روبين Robin، ومن بينها «الروبيينا». ونشر فاسباميان روبين Vespasien Robin (1579 - 1662)، بعد ان زار شواطئ البرابرة، ووصف عدة اصناف، تاريخاً للنباتات (1620) الجديدة التي عثر عليها في جزيرة فيرجينيا، التي زارها أيضاً ج. بانيستر J.Banister الذي وضع عنها «كتاب نباتات» نشر فيها بعد من بتيفر Petiver. وقدم الصيادي الانكليزي ت. جونسون T.Johnson، سنة 1634، لائحة بالنباتات في هذه المنطقة التي اخذ منها جون ترادسكان John Tradescant العديد من الفرسات التي عرفها وأشهرها (1656). وكان الاستقصاء الواسع - الذي قام به بين سنة 1571 و 1577 فرانسيسكو هرنانديز (1514 - 1578) Francisco Hernandez لجمع النباتات الصيدلانية التقليدية في المكسيك، - موضوع العديد من النشرات، التي كانت للأسف غير كافية على الاطلاق (ف. زيمينز F.Ximenez، مكسيكو 1615؛ ن.آ. ريشي N.A.Recchi، روما 1628، ف. سيسي F. Cesi، روما 1651). ولكن الأب الصغير ش. بلوميه C. Plumier (1646-1706)، بصورة خاصة هو الذي أخذ يعرف بالنباتات الاميركية. فبعد أن عشب في فرنسا مع تورنفور Tournefort وغاريدل Garidel، ذهب الى جزر الانتيل، سنة 1689، مع الطبيب سوريان Surian، المكلف بشكل خاص، بتحليل النباتات المعثور عليها، من أجل استخدامها طبياً عند اللزوم. وأنجز الرجلان المهمة بعد 18 شهراً. ونشر سوريان جدولاً بالنباتات والأدوية الحاصلة. وسرعان ما قام الأب بلوميه P. Plumier برحلة جديدة الى اميركا، وهو يحمل لقب «نباتي» الملك. وبعد عودته، نشر، في سنة 1693، كتابه «وصف نباتات اميركا»، وفيه وصفت الأصناف، التي كانت حتى ذلك الحين تحمل أسماء لاتينية، مع تعيين أماكنها أو مواقعها وخصائصها. وكانت رسوماها آمنة، وأطرها نسخت عن النبتة بالذات.

وبخلاف رحلة جديدة، زار بلوميه Plumier غوايولوب والمارتينيك وسان دومنغ، مما اتاح له سنة 1703 ان يصف 106 اصناف جديدة قدمها الى اشهر النباتيين في عصره. ونشر بلوميه Plumier

ايضاً ، سنة 1705 ، كتاباً موسعاً ومهماً عن بقول اميركا «فوجير داميريك» .

وارسل الاب الدومينيكي ج.ب. دو تترتو (1610 - 1687) J.B.du Tertre ، وبناءاً لطلب ريشليو Richelieu ، الى جزر الانتيل حيث مكث من 1640 لغاية 1656 . ويعتبر كتابه « التاريخ العام للانتيل» مهماً من ناحية علم النبات التطبيقي . وفي مذكراتها عن مكوئها في البرازيل ، من سنة 1612 الى 1614 وصف كلود دابفيل Claude d'Abbeville واييف ايفرو Yves d'Evreux حوالي اربعين شجرة . ومن هذا البلد بالذات استورد ج. ماركراف G.Marcgrav و. و. بيزو W.Piso استعمال عرق الذهب [جذر مقيء] (ايكاكوانها Ipécaquana) كما استورد بذات الوقت عناصر كتابها : « التاريخ الطبيعى للبرازيل (1648) » .

ونشر الصيدلي الهولندي او. كلوت O.Cluyt الذي زار شواطئ افريقيا الشمالية « فن توظيف وارسل الاشجار والنباتات والاثمار والبذور ، الى امكان بعيدة » ، في حين قطف الاب هرمان P.Hermann نباتات عديدة من منطقة رأس الرجاء الصالح ، وج. كوننجهام J.Cunningham من جزيرة الاسانسيون . واستخرج فلاكور Flacourt ، اثناء مكوثه في مدغشقر ، كمدير عام لشركة الشرق ، في سنة 1658 ، عناصر تاريخ ، اغناه بالعديد من رسوم النباتات ويوصف بعض الاصناف الجديدة . ومن بينها الشجرة المعجبة المقترمة نيبثيس Népenthes . وفي حين كان ج. ترادسكانت G.Tradescant يستكشف سنة 1620 ، جزر البحر المتوسط ، كان ج. فسلنج J.Vesling ينشر ، سنة 1638 ، دراسة حول النباتات في مصر ، وكان الفرنسي سبون J.Spon والانكليزي ج. وهلر G.Wheeler يزوران اليونان وقسماً من آسيا الصغرى فوصفاً مئة من النباتات (1677) . وأسس شيرار Sherard ، بعد ان اصبح قنصلاً في ازمر ، احد المعشبات الاله في ذلك الزمن . وفي سنة 1700 ذهب تورنفور Tournefort ، الى الشرق مع الرسام اوبريه والنباتي الالماني غند لسهيم Gundeisheimer وزار على التوالي كاندني Candie وجزر الارخبيل اليوناني ، والقسطنطينية ، وشواطئ «البحر الاسود وارمينيا حيث صعد جبل ارارات ، وجورجيا واسيا الصغرى .

وعرف هـ. فان ريد دراكنستين H.Van Rhee de tot Draakenstein الذي زار المؤسسات الهولندية في دوموند Deux Monde ، قبل ان يصبح حاكماً على مالابار نباتات الهند في كتابه الضخم هورتوس انديكوس مالاباريكوس (12 مجلداً) 794 وتبت ، 1703-1673 . وفسر ج. كوملين J.Commelin (1629-1692) القسم الثاني من هذا الكتاب ، ودرس نباتات الهند المغروسة يومئذ ، في حين نشر الهولندي ج. بوندت J. de Bondt ، في سنة 1642 ، دراسة عن النباتات الطبية في الهند . وفي سنة 1712 نشر الالماني ي. كامفر E.Kaempfer الذي زار ايران وسيلان وخليج البنغال وسومطرة وبثافية وسيام واليابان ، كتاباً يتضمن وصفاً للعديد من النباتات التي قطفها . اما دراسته الخاصة عن نباتات اليابان فلم تنشر الا سنة 1791 من قبل ج. بانكس J.Banks . وكذلك المعشبة المهمة (كتاب) المجموعة في الهند الشرقية من 1670 الى 1677 لم تنشر من قبل الطبيب الالماني الاب هرمان P.Hermann ، الا في سنة 1747 من قبل لينني Linné . اما نباتات الشرق الاقصى فقد درسها هرمان

غريم Herman Grim (سيلان وجاوه)، من قبل اليسوعي البولوني م. بوم M.Boym (الصين)، ومن قبل الطبيب الألماني ا. كلير A.Cleyer (الصين واليابان)، ومن قبل س. منتزل C. Mentzel (اليابان)، ومن قبل ج. نيهوف J.Nieuhof الذي ارسل حصيداً عمله الى ري Ray والى بلوكت Plukenet والى بتيفر الذين تولوا الوصف. ودرس الاب كامل P. camelli (Kamel)، الطبيب النمساوي الذي تذكر الكاميليا باسمه، درس نباتات مانيتلا المتسلقة وارسل النباتات التي جمعها في الفلبين الى بتيفر Petiver والى ري Ray الذي نشر لائحة بها. ونشر أيضاً الى الدراسة المتأخرة لنباتات سوند. Sonde، دراسة اعداها الألماني ج. رانف (1626 - 1707). G.Rumpf. ونشرها في سبعة مجلدات بورمن Burman بين 1741 و1750. وهذه المجموعة تتفوق من الناحية الوصفية على كتاب زيد Rheede ولكن لوحاتها أقل نوعية. واخيراً نشر الى الدراسة العامة حول النباتات الاجنبية التي قام بها مانزل C.Mentzel. وج. برين J.Breyn 1678. وهذه الدراسة الأخيرة تعتبر تحفة طباعية تصويرية.

ويمكن اعتبار الانكليزي و. دانبير W.Dampier (1652 - 1715) النموذج لهؤلاء البحارة لنباتين في القرن السابع عشر الذين كان لعملهم أهمية كبرى. كان دانبير Dampier نباتياً، فارسله احد اوليائه في البحر فزار كقرصان أولاً شواطئ أمريكا وجزر الباسيفيك وهولندا الجديدة والهند الشرقية والتي اكتشفت حديثاً في سنة 1642 من قبل تيسمان Tasman الذي عرف بنباتاتها في سنة 1701 واقام ثلاث سنين في جايبكا مع قطاع الاحشاب وعاد اليها مع القراصنة سنة 1679. ومن هناك ذهب الى فرجينيا سنة 1682 لكي يتركها سنة 1683. وذهب الى الصين سنة 1687 وذهب الى نونكين. وعاد الى انكلترا سنة 1691 ثم رجع الى هولندا الجديدة. وغرقت به السفينة في عودته قرب جزيرة الاسانسيون فانقلدته باخرة انكليزية. هذه الحيلة المضطربة جداً جعلت قراءة كتابه مودة حول العالم (1697) مشوقة للغاية وتدل تماماً على الملحمة عند هؤلاء النباتيين المخاضين الذين عرفوا الثروات الطبيعية في بلدان ما وراء البحر.

الزراعة والبستنة - هناك اسمان لعلماء النبات الفرنسيين يسيطران على الزراعة في القرن السابع عشر: اسم أوليفيه دي سير Olivier de Serres وجان لاكتيني J. de la Quintinie. وقد أمضى دي سير (1539-1619) كل حياته في لونغفوك، في امارته بوردل حيث اقام حقول تجارب، ولم تدع شهرته كشخص للزراعة الا بعد وفاته. وكان صديقاً عظيماً للملك هنري الرابع فشر باسمه سنة 1599 كتاباً عن فن قطف الخمر. اما كتابه مسرح الزراعة الذي صدر سنة 1600 فقد نشرت له عدة طبعات وظل لمدة قرن واكثر الكتاب المرجع لكل الزراع المتنورين. وقد اثبت المؤلف فيه ضرورة ان يغرف المرء اراضيه جيداً، وأشار الى اساليب الفلاحة والتزليل والمبدر، واساليب تشذيب الاشجار المثمرة وتطعيمها. واعطى نصائح عن كيفية انشاء بستان مثمر وكيفية غرس الاشجار وكذلك عن مهمة رب العائلة تجاه خدمه وجيرانه وعن كيفية السلوك الشريف في عزلة الريف.

ووضع ج. لاكتيني (1626-1688) J. de la Quintinie وقد جذبت زراعة البستنة بعد زيارة

الى ايطاليا، من قبل لويس الرابع عشر على رأس الزراعات في قصر فرساي. وقد اعيد طبع كتابه مدخل الى البساتين المثمرة، الذي نشر سنة 1690 عدة مرات، غالباً مع صور جميلة جداً ساعدت على شهرته. وفيه يثبت المؤلف كيف يقام بستان مثمر وبن، شهراً فشهراً العمليات الواجب اتباعها. وبصورة خاصة عرف بأسلوبه في كيفية تقليم الأشجار المثمرة تقليماً يزيد بالانتاجية زيادة عقلانية. وفيه نجد أيضاً رسماً للعديد من المعدات البستانية المعروفة في ذلك العصر، وكذلك كتاباً عن بساتين الليمون. وقد ساعد عمل لاكيتيني Quintinie على دفع البستنة الى الامام دفعة كبرى في القرن السابع عشر.

ونشر العديد من كتب البستنة يومئذ وخاصة من قبل جاك بواسو Jacques Boyceau وب. لورامبرغ P. Lauenberg والكاهن ليجوندر L'abbé le Gendre الذي قدم معلومات عديدة حول التطعيم. نذكر ان لينوتر، البستاني الشهير عند لويس الرابع عشر في فرساي، قد زرع في تلك الحديقة العديد من البساتين على الطريقة الفرنسية، المتميزة بخراطها الجيومترية وسعة مناظرها. ونذكر أيضاً، في بولونيا كتاب داندوغرافي مؤلفه ج. جونستون J. Jonston 1662. وفي هولندا كتب علم النبات والبستنة التي وضعها آ. مونتني A. Munting وج. كوملين J. Commelin.

تطبيق علم النبات على الطب - قليلة هي الاعمال الاصلية حول استعمال النباتات في الطب والتي ظهرت في القرن السابع عشر: ان الكيمياء النباتية كانت في بداياتها. نشر فقط الى كتب ن. ليميري N Lemery والاب بومت P. Pomet وويدد Weded وس. دال S. Dale التي افسحت مجالاً واسعاً للدوية النباتية. نذكر أخيراً انه في هذه الحقبة، صدرت كتب عديدة حول رسوم النباتات، رغم الانتقادات من قبل آ. فان در سبيغل (A. Van der Spiegle 1606).

البساتين الزراعية - ساعد تطور البساتين الزراعية كثيراً في تقدم علم النبات. فقد اقام الاخوة روبين Robin بستاناً في باريس في رأس جزيرة نوتردام. وكانت سيدات بلاط هنري الرابع تأخذ من هذا البستان نماذج ازهار من اجل التطريز. وتسهلاً لأعمالهن نشر فاليت Vaillet مطرز الملك في سنة (1601)، كتاباً اسمه « بستان الملك للمسيحي المؤمن هنري الرابع » وكان الكتاب مزين بـ 75 لوحة. وادار ج. روبين J. Robin أيضاً البستان الذي اقامته كلية الطب في باريس، ونشر جدولاً به سنة (1601). واسس غي دو لا بروس Guy de la Brosse، طبيب الملك لويس الثالث عشر، في سنة 1635 « البستان الملكي للنباتات الطبية » والذي اصبح فيما بعد البستان الحالي للنباتات، والذي سوف يصبح شهيراً في العالم كله. ووصف فضائل النباتات التي كانت مغروسة فيه ونشر مجموعة عنها. واقام س. فايان S. Vaillant اول خيمة فيه منع مدافئ لكي تزرع فيها نباتات البلدان الحارة. ويعزى جدول النباتات في بستان الملك الى شيرار Sherard. واقام غاستون دورليان Gaston d'Orleans، قرب بلوا بستاناً عظيماً اغناه بنبتات عديدة نادرة او حتى غير معروفة من قبل موريسون Morison الذي اعد سنة 1669 طباعة كتاب هورتوس بليزنسيس الذي نشر سنة 1653 من قبل آ. برونيه

A. Brunyer ونذكر أيضاً جدول بستان الصيدلي الاب ريكور 1644 P. Ricort، من ليل، و جدول بستان مترامبورغ من قبل مابوس (1691) Mappus .

وفي إيطاليا البلد المختار لبساتين علم النبات وضع ج. شنك G. Schenck جدول بستان بادو Padoue. ووضع الاخوة امبروزيني Ambrosini وزانوني Zanoni وج. ب تريونفيتي G.B. Trionfetti جدول بولونيا. ووضع ت. بلومي T. Belluci جدول بيزا وب. كامبيلي P. Castelli وف. كابوني F. Cuponi جدول مسينا. وقام عدة فنانين ومنهم غويدوريني Guido Reni بتزيين فلورم كلتورا الذي وضعه ج. ب. فراري (1633) Ferrari بالصبور الفخمة. ونشير أيضاً إلى كتاب هورتوس بوتانوغرافيا 1660 الذي وضعه و. مونتالباني O. Montalbani مؤلف كتاب تاريخ البوتانيك الصغير 1654. ونشير ان ت. شنك Th. Schenck وضع جدولاً بالبستان النباتي لمدينة ينا 1659. وب. آمان P. Ammann جدول ليزينغ. وآ. فان در سبيغل A. Van der Spiegel جدول ليد Leyde وج. كوملين J. Commelin جدول امستردام. وسوترلاند جدول ادينبره الذي اسمه آ. بلفور A. Balfour سنة 1680، ونشر الطبيب الهولندي هـ. مونتن H. Munting سنة 1646 كتابه عن الازهار، ونشر س. بولي S. Paulli سنة 1653 جدولاً شاملاً عن عدة بساتين : كوينهاغ اكسفورد، وباريس وبادو.

الفصل الخامس : ولادة الجيولوجيا

ان ولادة الجيولوجيا الحقة تقع في القرن السابع عشر. فالطبيعة الحقة للمنتحجرات كانت قد فهمت من قبل، سواء من قبل هيرودوتس Hérodote، أو ليونارد دا فنشي Léonard de Vinci او برنارد باليسي Bernard Palissy. ولكن ملاحظاتهم وان كانت صالحة، الا انها لم تكن تختص بالجيولوجيا.

وكانت كلمة جيولوجيا تغطي في القرون الوسطى دراسة كل ما هو « ارضي ». « دنيوي » في مقابل ما هو « سماوي » « إلهي »، فتشمل بالتالي دراسة الحقوق كما تشمل دراسة المعادن. ويبدو ان الكلمة استعملت لأول مرة بمعناها الحديث سنة 1657. ضمن عنوان كتاب دافركي لم. ب اسكولت M.P.Escholt « جيولوجيا نوفرجيكا » ترجم الى الانكليزية سنة 1663 من قبل دانيال كولنز Daniel Collins ويعالج الهزات الارضية والمعادن. وبعد ذلك بقليل، سنة 1690، نشر ايراسموس وورن Erasmus Warren كتاب : « جيولوجيا اورسالة في الارض قبل الطوفان ».

وعلم الارض لم تكن الا في بداياتها، ولم يكن هناك علماء جيولوجيون. وقامت بعض الشخصيات بتوجيه البحوث في العصر التالي، مقترحة أفكاراً جديدة ومتمحرة من ارسطو. انهم فلاسفة، واطباء، وفيزيائيون ومسافرون اولئك الذين خلقوا علوم الارض، وهذا امر لم يكن يخلو من مخاطر، في الوقت الذي كانت الكنيسة قد اجبرت غاليليه على التبرؤ من « هرطقة » ان « الارض تدور حول الشمس » وحول نفسها.

في فرنسا بالتأكيد لم يكن ديكارت جيولوجياً، ولكنه نقل الرياضيات الى علم الفلك، وتجرباً واعتبر كل الظواهر السماوية كتطبيق لقوانين الميكانيك، وافترض وحدة المادة في كل الاجسام السماوية.

وفي انكلترا اوجد روبر هوك Robert Hooke، وهو يستعمل الميكروسكوب لدراسة المنخرات وتشريح الاخشاب المتحجرة، التشريح المقارن للنباتات المتحجرة والحية. وبدا كانه سابق طليعي للنظرية التحويلية، وكان لاكتشاف الدورة الدموية من قبل وليم هارفي William Harvey تأثير بارز على افكار المتمرسين الجدد بالجيولوجيا، الذين توصلوا الى تصوير « الارض » كجسم حي له دورته المائية. في حين أن الدافركي ستينون Sténon اخترع المفاهيم الاولى للاستراتيغرافيا، وطور اليسوعي الالماني كيرشر النظرية الاولى البلوتونية Plutoniste. وبنى ليبنتز Leibniz اخيراً، وهو يستعمل افكار معاصره، تاريخاً جيولوجياً للكون، وعرف النوع وأمن الاتصال مع القرن 18

فضلاً عن ذلك قام ستينون Sténon بمعالجة علم المعادن وفعل فعله وهيرجن Huygens ويويس دي بوودت Boëce de Boodt، في حين اخذت تشكل مجموعات كبرى من الاحجار ومن المتحجرات التي سبقت تشكيل المتاحف الوطنية للتاريخ الطبيعي.

التركيب الديكارتى - اعتبر اكتشاف البقع الشمسية حوالي 1610 كاحدى المقدمات الابرز في علم الفلك الجديد. وفي سنة 1630، وفي « المصنع الجديد »، اكمل ب. كريستوف شاينر P. Christoph Scheiner الملاحظات الاولى بعد رسم خارطات للشمس، وبعدها وحركاتها مبيناً ان الشمس بالذات تخضع لتغيرات وانها تدور على نفسها. هذا الاكتشاف، الذي هزض ثبوتية أرسطو، شكل نقطة انطلاق علم الاستروفيزيك (فيزياء الكواكب) وفتح الطريق امام نظريات جديدة حول تاريخ الكرة الارضية.

واذا كان الحكم على غاليلي قد حمل ديكارت على رفض نشر كتابه « رسالة العالم » الا ان الفيلسوف الكبير لم يتخل عن افكاره الثورية حول تطور الكون، افكار عرضها في « خطاب المنهج » وفي « الميتيور » سنة 1637، كما في المبادئ الفلسفية (استردام 1644، ترجمة فرنسية، باريس 1647).

وفي تأليف تركيبى، من الاجراء، نقل ديكارت الرياضيات الى الكوسموغرافيا (علم خرائط الكون) ونجحاً واعتبر ان كل الظواهر السماوية هي تطبيقات لقوانين الميكانيك:

كتب يقول في « خطاب المنهج »: « اين. كيف ان القسم الاكبر من هذه الفوضى يجب، سنبداً لهذه القوانين، ان يترتب وان يصطف بشكل ماء، من شأنه ان يجعله شيئاً بسمواتنا. وكيف ان بعضاً من اقسامها يجب ان يكون الارض وبعضاً من المذنبات، وبعضاً آخر يكون شمساً وكواكب ثابتة ».

وقال في « المبادئ الفلسفية »: « ليس من الصعب الاستنتاج من كل هذا ان الارض والسماوات مصنوعة من ذات المادة ».

ويبدو ديكارت بالتالي وكأنه عبر عن اول وحدة في التشكيل المادي للكون، لكون خاضع لقوانين

الميكانيك . وهو بالتالي يعتبر الارض والكواكب الاخرى كمنجول بردت سطوحها واصبحت مغلفة بطبقة جامدة يابسة .

« هذه الارض التي نحن عليها كانت في الماضي نجمه . . . بحيث انها لا تختلف بشيء عن الشمس ، الا انها اصغر » (مبادئ الفلسفة) .

ان فكرة السيولة الاساسية ، التي اعتمدها نيوتن ، خدمته بعد اربعين سنة ، سنة 1687 لحساب « تسطح المفلطح الكروي » الارضي سنداً لسرعة دورانه .

وتابع ديكارت افكاره فنظر ، من الناحية الميكانيكية في تاريخ الكرة الأرضية ، وترتيب مختلف اقسامها ، باعتبار ان مركز الارض هو دائرياً في حالة ذوبان وفي اتجاه نحو البرودة البطيئة . وسنداً لهذا فهو يربط التمزق البادي في « القبة الارضية » بالبرودة ويتخلص الكتلة التي تحملها .

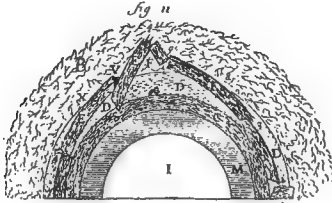
وكما اشار دويسني (1880) Daubrée « لا يمكن ان نغير بصورة اوضح ، ان بروز القارات وتشكيل التفاوت فيها بينها ، هو نتيجة التنقل النسبي في فقرات القشرة الأرضية » .

ان الصورة الشهيرة في اللوحة 15 من « المبادئ » تعطي « قطعاً » للكرة الأرضية (صورة 33) . في الوسط ، هناك العنصر الاول I (حرارة ، ضوء وقوة باقية من الحقبة البعيدة ، حين كانت الارض نجمة) . وفيها بعد هناك كرة M مؤلفة من ذات المادة التي تتألف منها البقع الشمسية ، ثم « قشرة من الارض شديدة الوزن » (C) وقشرة اخرى اخف (E) . وبين القشرتين ، هناك خضم داخلي (D) تعوم فوقه القشرة (E) . وتتأرجح اجزاء من القشرة (E) وتنحطم في المحيط الداخلي او تنصب جبالاً .

هذا المحيط الداخلي يجعل الطوفان قابلاً للتفسير ، بسبب ضخامة كتلة الماء . ومن جهة اخرى ، ظن ديكارت ان البحر اذا كان لا يفيض ، فذلك لان مياهه تتصل من خلال ممرات بهذا المحيط الداخلي الذي منه تأتي الينابيع ، بشكل ان مجرى المياه في هذه الارض يشبه مجرى الدم في جسد الحيوانات » .

كل هذه الفرضيات كانت في الاصل من منشأ فلسفي خالص ولم تكن ترتكز ابدأ على اية ملاحظة على الارض .

ويعود الى ديكارت ايضاً انه نشر نظرية ذكية جداً حول تشكيل المناجم المعدنية . واصل هذه الاتربة المعدنية كان يعزى عموماً لتأثيرات شمسية Siderales . حيث كان كل كوكب يحدد ، في العروق Filons نشأة وتكوين المعدن الذي يحمل اسمه . وبالعكس اكد ديكارت ان الخيوط كانت مملوءة بابخرة آتية من (الاعماق) . وسوف يبنى ستينون الفكرة التي سبق لـ فيزون كالب U. Von Kalbe اعتمادها في كتابه « برغوبكين » سنة 1505 ، ثم اكد عليها فيما بعد هوتن Hutton . وعمل العموم يبدو عمل ديكارت غربياً تماماً بالنسبة الى عصره . فقد ادخل في الكوسموغرافيا الافكار العقلانية في الحركة ، والدفع والقوة النابذة عن المركز .



صورة 33 - بنية الأرض بحسب ديكارت (المبادئ الفلسفية ، امستردام 1644) .

ان مبدؤه حول شمولية المادة سوف يتبين في القرن 19 بالتحليل الموسوري . ان فكرة الحرارة الداخلية ونشاطها سوف يكون لها تأثير على تطور النظريات الجيولوجية .

دوران المياه - في سنة 1643، نشر اليسوعي الفرنسي جورج فورنييه Georges Fournier كتاباً حول «الهيدروغرافيا». كان هذا الرجل رحالة، فوضع نظرية حول التيارات البحرية، وأكد أن مستوى المحيطات هو ذاته في كل مكان ، وان مياه الانهار التي تصب بالبحر كل يوم لا تتناسب ابداً مع حجم المحيطات .

وفي سنة 1674، صدر الكتاب، غير الشهير، الذي ألفه بيار بيرو Pierre Perrault (1680-1608) «أصل الينابيع» كان بيار بيرو Pierre Perrault أخاً للقصاص شارل بيرو Charles Perrault وإخاً للمهندس -رجل العلم كلود بيرو Claude Perrault، وكان قد عرف ان كل الناس يخطئون حين يعزون لمياه الانهار حجماً أكبر بكثير من حجم مياه الامطار . فانخذ يبحث أولاً، عن معطيات صحيحة ، وبخلال ثلاث سنوات، واقعة بين 1668 و 1674 ، اخذ يقيس كميات مياه الامطار التي تهبط في باريس . فتوصل الى رقم 600 مم بالسنة ، وهو رقم ينطبق على الواقع . واكثر من ذلك، قاس مساحة جوض التلقي، في اعل هضبة نهر السين، واستنتج ان كمية مياه الامطار التي تقع فيه تكفي لتغذيته، مع تأمين الحياة للاشجار وللحقول . ثم قال، كما قال الجميع منذ ارسطو حتى ديكارت ضمناً ، أن المياه تعود الى الجبال بشكل ابخرة، وعبر قنوات، وانها بعد ان تستعيد « شكل الماء » فهي تجد مخرجاً عبر الانهار .

عمل ستينون - اجرى نيل ستينسين (1638 – 1686) Niels Steensen المشهور باسم ستينون Sténon - دراسته في مدينة ولادته كوبنهاجن Copenhagen ثم في امستردام وليد . وبعد اقامة ستين في باريس (1664 – 1666)، ذهب الى فلورنسا، حيث ساهم في اعمال « الاكاديميا دل سيمايو »، في بلاط الدوق الكبير، دوق توسكانة . واستخلص من دراسة دقيقة لاراضي هذه المنطقة،

استنتاجات مدهشة تماماً بالنسبة الى تلك الحقبة ظلت في اساس الستراتيغرافيا الحديثة فملخص عمله في كتاب : « برودروموس . . . » (فلورنسا 1669).

لقد قبل، بالتأكيد بالطبيعة الحقة للمتحجرات، وفضلاً عن ذلك اعترف بان الطبقات المختلفة في القشرة الأرضية المرئية هي نتيجة الترسبات البحرية، وان كل طبقة مترسبة هي سابقة على الطبقة التي ترسب فوقها وهي لاحقة للطبقة الغطاة بها، وان القشرات ترسب افقياً، وانها اذا كانت منحنية، فذلك لانها انقلبت، واخيراً انه اذا كانت قشرة ما قد ترسبت افقياً فوق طبقات متعرجة او منحنية فذلك لان التقلب كان سابقاً. وقدم اول رسمة للاختلاف والتفارق في الطبقات .

بل ان ستينون Sténon قدم اكثر. فميز « الصخور البدائية » السابقة على وجود النباتات والحيوانات و« الصخور الثانوية » المتراكمة فوق السابقة والتي تحتوي للمتحجرات، واخذ يقارن قواقع المتحجرات في إيطاليا، بالاجناس الحية، وميز المتحجرات البحرية عن متحجرات المياه الحلوة. واخيراً قال بوجود ست حقب كبرى في الطبيعة بحسب ما اذا جاء البحر ليغطي القارات او ينسحب منها (اول محاولة حول اهمية التجاوزات والترجمات البحرية) .

ان ضخامة هذا العمل تدل على ان ستينون Sténon يمكن ان يعتبر اول جيولوجي حق. رغم ان السنوات الاخيرة من حياته كانت تقريباً مخصصة بكاملها لنشاطات دينية. وكان ستينون ايضاً احد كبار المشرحين في القرن 17.

المدرسة الانكليزية : هوك Hooke، لويد Lhuyd، وودورد Woodward، وليستر Lister - كان روبرت هوك Robert Hooke احد كبار المفكرين في القرن 17. واستخدم الميكروسكوب لدراسة الحيوانات الصغيرة المتحجرة، ولدراسة المتحجرات من غط روتاليا خاصة . وكان ايضاً خالق التشريح المقارن للنباتات الحية والمتحجرة. لانه درس وقارن البنية التشريحية للاخشاب الحالية، والحيوط في الخشب الثالف. وتضمن كتاب ميكروغرافيا لسنة 1665 رسمة جميلة جداً للبنية التشريحية لخشب اصبح صوانياً، واصبح ملفناً للنظر خاصة انه لم يكن بالامكان يومئذ اعداد شفرات زقيقة .

ودرس هوك الأمونية وبين ان الخطوط الواصلة الضامة كانت اغشية حاجزة، وحواجز تفصل الجيوب، مما يقرب هذه الحيوانات المتحجرة من القوقعات الحالية . واكثر من ذلك، كان هوك Hooke طليعاً لا يتنازع فيها خصى النظرية التحويلية، عندما كتب :

« قد يوجد انواع مختلفة من نفس النوع . . . » « نحن نعلم، ان تقلب المناخ، والارض والغذاء، يحدث غالباً تغييراً في الاجسام التي تحملت هذا التقلب . » (« فالكلاب والماعز . . . يتغير مظهرها مع المناخ ومع الغذاء . واذا نقلت هذه الحيوانات وغيرها الى مكان غير مكانها، فمن المتوقع ان يتج عن ذلك تغييرات » .

وندين لادوار لويد Edward Lhuyd بعمل جليل: « ليتوفيلامي برتانيسي ايكونوغرافيا » (1699) الذي يتضمن وصفاً لـ 1600 حيوان ونبات متحجر التقط في انكلترا، و250 نوعاً رسم بعناية فوق 23 لوحة بمقاس 8°. ويلاحظ المؤلف انه توجد اشكال مشابهة في كل من انكلترا وايرلندا، ولكنه ينسب المتحجرات إلى إخراج الأرض أجساماً عضوية صغيرة توزع في الهواء والماء. ومع هذا فنحن مدبتون له بأوصاف دقيقة وبأساء لأنواع، مثل « تريراتولا » بين عضديات الأرجل، و« تريكلوس » بين ثلاثيات الفصوص. ومن ناحية الستراتيغرافيا، يبدو أنه فكر بوجود المتحجرات الخاصة ببعض الطبقات، عندما لاحظ أن الكرعانيات الطباشيرية في انكلترا وايرلندا تتشابه.

واعتمد جون وود ورد John Woodward هو أيضاً أفكار عصره، ولكنه كان ملاحظاً ذكياً، لاحظ أن أرض انكلترا كانت مؤلفة من طبقات افقية، متركمة، من أصل بحري، وتحتوي على متحجرات.

أما مارتان ليستر Martin Lister، فقد استولى على ملاحظات ج. اوين G.Owen الذي بين منذ أواخر القرن 16 انتشار بعض القشرات فوق مساحات كبيرة.

وقد فهم ترتيب الطبقات الترسية في انكلترا، ولاحظ حتى تكلمة طيشور انكلترا في الطرف الآخر من المانش. ويبدو انه كان أول من فكر ببناء خارطة جيولوجية. ولكن مشروعه لم يوضع موضع التنفيذ.

المدرسة الألمانية من كيرشر Kircher إلى ليبنيث Leibniz - تخصص اليسوعي الفيزيائي الأب ر. آتاناو كيرشر R.P.Athanase Kircher (1601 - 1680) بدراسة الأرض، بزيارة مغارات رهنانيا Rhénanie. وفي سنة 1635، وجد في روما، برفقة زميله العالم، الأب شايير P.Scheiner. ورصد الشمس ثم وضع خارطة لها نشرها فيها بعد، سنة 1664، في كتابه « عالم ما فوق الأرض ». لا شك أن هذه الخارطة عجيبة، بما فيها من « آبار ضوئية »، ومن لهب مرئي، ومن تضاريس وانفجارات بركانية ضخمة، ولكن لأول مرة تبدو الشمس ككوكب في حالة فوران وتغير. ولم تبق هناك الا خطوة للوصول إلى الفكرة القائلة بأن الأرض أيضاً هي كوكب في طور التغير. وقد اجتاز ب. كيرشر P.Kircher هذه الخطوة، وأظهر لنا داخل الأرض، في صورتها الثالثة (راجع المجلد 1، القسم 1، الفصل 5): « نظاماً نظرياً للنيران تحت الأرضية، تبدو فيه البراكين كمنافذ أو مناور ». كل شيء غلط فيه، ولكن مع ذلك هناك قاعدة للملاحظات، كون كيرشر Kircher قد تجرأ على النظر إلى ما يمكن أن يجري داخل الأرض؛ صحيح انه في سنة 1638 شاهد انفجار بركان فيزوف، مقروناً بهزة أرضية. وعاد كيرشر Kircher بعدها، مثل ديكاوت إلى الفكرة القديمة عن القنوات الباطنية، التي توصل البحار بالأرض، حتى تنظم دورة واسعة للمياه، مما يمنع الجفاف من الفيضان. واستخدم كيرشر قوة المد لكي يجعل مياه البحار تصعد إلى أعالي الجبال، لتعود بعدها عبر الأنهار. وبدا رائداً من رواد الجيولوجيا الحديثة عندما كتب: « لا في الداخل، ولا في الخارج، لم تبق الأرض على الحالة التي كانت عليها في البداية: ». ثم قدم لائحة بالعوامل المتغيرة: الحث، طفيان البحر، ترسبات الأنهار، التحويرات التي

تحدثها الزلازل. وعزا الى النار الداخلية الفعل المؤثر في حياة الارض، كما ظن ان الزلزال هو في اساس اختفاء الائتنيدي (التي اعطى عنها خارطة) .

ولد ليبنيز Leibniz في ليزينغ 1646 ، واصبح سنة 1676 اميناً للمكتبة في بلاط دوق برنشويف - لونبرغ Brunswick - Luneburg في هانوفر ، وكلف سنة 1680 ، بكتابة تاريخ آل هانوفر Hanovre ودوقية برنشويف. وفيها كان يجوب ايطاليا بحثاً عن مستندات التقى ستينون Sténon فأعجبته منه تصوراته الجيولوجية . وكان قد قرأ ديكارط ، وأعجبته تفسيراته « الميكانيكية » إلا أنه لم يكن حتى ذلك الحين ، يستطيع الانفكاك من الفكرة القديمة وكان يعتبر أن « مصادر الميكانيكية يجب أن تكون في الفيزياء » . كما قرأ كيرشر Kircher واستشهد به .

وقرر البدء بدراسته التاريخية بعرض جغرافي، وحتى جيولوجي . وبعد ذلك، اصبح التاريخ الجيولوجي للدوقية ضمن التاريخ الجيولوجي للارض، هذا التاريخ الذي يجب ان يستخدم كمدخل لعمله. هذا العمل « البروتوجا » لم ينشر في غوتنجن الا بعد 33 سنة ، بعد موته، في سنة 1749، اي في ذات السنة التي ظهرت فيها « نظرية الارض » لبوفون Buffon الفرنسي . الا ان مختصراً لها كان قد نشر منذ 1693 .

وكان ليبنيز Leibniz ، مثل ديكارط Descartes، يؤمن بالاصل الناري للكرة الارضية، ويوجد نار مركزية. وأشار الى غزارة المواد شبه الزجاجية (Vitreuses)، والمظاهر البركانية، والمياه الحارة ذات الحرارة العالية والهزات الارضية .

ومن جهة اخرى، كان ليبنيز يؤمن ان الارض ، منذ الخليفة، اصابها تغييرات مستمرة بفعل النار والماء . وهنا ينفصل عن ديكارط الذي لم يكن يؤمن الا بفعل النار . وكانت فكرته عن التحولات الثابتة جزئية بالنسبة الى عصره. اما بالنسبة الى الطوفان، فقد كان ليبنيز يؤمن، ككل معاصريه، بان سببه لم تكن الامطار فقط، بل خروج المياه الباطنية بشكل مفاجيء من جراء تصدعات اصاب « قشرة الارض » . وميز بين الصخور ذات الاصل الناري والصخور الرسوبية، وظن ان شكل التضاريس سببه المياه والرياح ، نظراً لان سلاسل الجبال سببها تفجرات سابقة على الطوفان .

وفي كتابه « محاولات جديدة »، كتبها سنة 1703 (ونشرت سنة 1765)، بدا ليبنيز وكأنه اول من عرف النوع :

« نحن نعرف النوع بالخلق، بحيث ان الشبيه الذي يأتي او يمكن ان يأتي من نفس الاصل او من نفس البذر سوف يكون من نفس النوع. » ، « الا انه لا يمكن تحديد حدود ثابتة للأنواع » « ان الأنواع مترابطة فيما بينها ولا تختلف الا بدرجات غير محسوسة » ، « وكل شيء في الطبيعة يتم بالتدرج ولا شيء يحدث بالقفز » .

ونورد ايضاً جملة اخرى : « ربما، في بعض الازمنة او بعض الامكنة من الكون، كانت انواع الحيوانات او ستكون عرضة للتغيير اكثر مما هي عليه الآن فيما بيننا »

وكان لينينز وهو يكتب هذا، يحضر الافكار، بشكل واضح لكي تقبل تطور الانواع الذي سوف يتوضح في القرن 18.

علماء التعدين : ستينون *Sténon* ، هويجن *Huygens* ، بويس دي بودت *Boece de Boodt* - لقد ساهمت المينيرولوجيا او دراسة للتربة المعدنية ، بآن واحد ، باساليها ، بالعلوم الرياضية ، والفيزيائية والكيميائية والطبيعية ، بحسب وجهات النظر المدروسة . ويمكن تقسيم علم التعدين هذا الى فروع هي :

- 1) علم البلارة والتبلر *Cristallographie* وهو علم التعدين الخالص الذي يدرس الخصائص المرتبطة بالتناظر *Symétrie* .
- 2) علم التعدين الكيميائي او دراسة التركيب الكيميائي لتربة المعادن .

3) علم الصنامة او الصخور (او التعدين بالمعنى الواسع) وهو يصف المعادن كثرة ، ونشأتها وامتزاجها كصخور ، ودورها في الطبيعة . وانفصل هذا الفرع الخاص من علوم الارض ، باكراً ، عن الجيولوجيا بالذات ، بعد ان كان كل الجيولوجيا بالمعنى الواسع .

وحوالي منتصف القرن 17 ، وبتأثير ديكارت خاصة ، ولّد تيار كبير من الفضول العلمي البحوث المتنوعة . ولم تنج التربة المعدنية من هذا . بل ان كلمة « المملكة المعدنية » ظهرت الى الوجود . وجرّت عاقلة لتصنيف الركازات المعدنية *Minéraux*

وبدأت في القرن 17 دراسة البلورات *Cristaux* تسترعي اهتمام المراقبين الكثير . في هذه الاثناء برزت ملاحظات مفيدة دونها هوك *Hooke* ، ليونيهوك *Leeuwenhoek* وويل . وقام ستينون *Sténon* بدراسة اعمق لاشكال مختلف انواع البلور وخاصة البلورات المشورية من كوارتز ذات القطع المستقيم السداسي الوجة *Hexagonale* . ودرس مواطنه اراسموس بارثولين *Erasmus Bartholin* (1625 - 1698) بلورات سبات *Spath* ايسلندا (كالسيت) ، وبهذه المناسبة ، لاحظ ، وهو الاول ، ظاهرة الانكسار المزدوج للضوء (اكسبريمانتا كريستالي . . .) ، كوينهاغ ، 1669) . وبعد ذلك بقليل ، حرر هويجن *Huygens* رسالة حول بنية الكالسيت ، ثم « كتاب الضوء » الذي صدر سنة 1690 . فقد افترض ان بلور الكالسيت يتكون من بيضاويات صغيرة دوارية مسطحة ومصفوفة بعضها فوق بعض بحيث تشكل مراكزها شبكة مشورية سداسية يرتدي ثقبها *Maille* شكل مشور سداسي ذي شق من الكالسيت . هذا التصور ليس ببعيد عن الفكرة التي طورها هوي *Huy* بعد قرن من الزمن .

ولد آنسلم بويس دي بودت (1550 ? - 1632) *Anselme Boëce de Boodt* في بروج ، واستدعي سنة 1604 الى بلاط بوهيميا كطبيب واختصاصي بالحجارة الكريمة من قبل الامبراطور رودولف 2 . واثنا اقامته في براغ كتب بويس دي بودت كتابه : « هيستوريا جاروم ولايدوم » الذي ظهر سنة 1609 ، في هانو ، في السنة التي نشر فيها كبلر *Kepler* ايضاً ، وكان في خدمة وبكفالة الامبراطور ، القوانين الأولى حول حركة الكواكب .

في هذا الكتاب عالج بويس دي بونت Boece de Boodt موضوع الاحجار الكريمة والاحجار اللطيفة، وكذلك موضوع عدد كبير من اشباه المعادن الاخرى وبعض الصخور. وفصل خصائصها، وامكنتها، واستعمالاتها. وشدد على اهمية التجربة التي مكنته من تبيين عدد من الخصائص الفيزيائية لاشباه المعادن. وميز بين خمس درجات فيها يتعلق بصلابة الاحجار: تربة قاسية، احجار طرية، احجار قاسية يستطيع المشار العمل فيها، احجار لا يعمل فيها الاحجار السبائك ثم الاحجار التي لا تعالج الا بالماس. ويبدو انه كان اول معدن عالج موضوع «البصريات»، دون ان يستطيع حل مشكلتها بالطبع. ودرس بعناية فائقة 'الماس' والياقوت Rubis والبجادي Grenat والسفير، والاولال، والزربرد، والطين، والكوارتز (وكان يميز بين انواعها سنداً للون)، والمرجان واللؤلؤ. وابتدع كلمة نفريت (حجر اليشم) Néphrite وذكر الاستعمالات الاستطابية للاحجار الكريمة، ووصف ايضاً عدداً من المتحجرات والصخور، ما مجموعه 647 عنصراً، وهذا كثير بالنسبة الى تلك الحقبة. وقد لاقى كتابه نجاحاً كبيراً: واعيد طبعه سنة 1636، 1647 و1649 وترجم الى الفرنسية سنة 1644 تحت عنوان «الجوهري الكامل او تاريخ الاحجار...».

المجموعات الجيولوجية الكبرى = لم تُفهم طبيعة المتحجرات ابداً، ولكن وجودها وتنوعها اجتذبها الانتباه بما يكفي لولادة فكرة جمعها وتنظيمها. وسوف تصبح موضوع دراسات وموضوع نشرات.

وسوف يتأكد (منذ ذلك الحين) انه لا يمكن درس الصخور والمتحجرات الا اذا توفرت مجموعات للمقارنة والنشر الوصفي المعتمد على الصور بشكل واسع. ويبدو ان اول مجموعة نشر كاتالوغها، هي مجموعة جوهان كانتمان (1518 - 1574) Johann Kentmann. وكان تصنيفها مرتكزاً على نظام اغريكولا Agricola. وارفنر كانتمان Kentmann بها صورة لكتبه الذي سماه: «اركاريروم فوسيلوم»⁽¹⁾.

وفي ايطاليا تكونت المجموعات الجيولوجية الكبرى الاولى. في المقام الاول من هذه، يجب ان نذكر مجموعة الفاتيكان، التي اوجدها البابا سيكست.. كانت Sixte - Quint. ولم ينشر الكاتالوغ، الذي وضع سنة 1574 الا في سنة 1719. وقدم عنها م. مركاتي M. Mercati درسا تشريحياً مقارناً (غير مقصود)، فصور جنباً الى جنب الغلوسيتير (Glossopètres = اللسان المحجر) وفكاً مفتوحاً لكلب البحر لكي يبرز تماثل الشكل، ولكنه لم يفهم ان في هذا تماثلاً في الطبيعة.

وهناك مجموعة اخرى كبرى هي مجموعة اوليس الدروفندي Ulisse Aldrovandi التي وضع لها كاتالوغاً جيداً مع ترقيم وعناوين، سنداً لشهادة ميسون Misson الذي زارها سنة 1668 وشاهد

(1) ان كلمة ميزيوم اطلقت لأول مرة على بيت ربات الشعر والفنون (Muses) في الاسكتلندية في القرن تق. م. (راجع التاريخ العام للعلوم، مجلد 1، القسم 2، الكتاب 1، وكان يدل على نوع من «الأكاديمية». ولم تستعمل الكلمة إلا في القرن 16، للدلالة على مجموعة من التقرود، رغم احتجاجات علماء اللغة في ذلك الحين.

كatalوغيها المؤلف من 187 مجلداً . ونشر « ميزيوم ميتاليكوم » الذي وضعه الذروفاندي Aldrovandi من قبل امبروزيني Ambrosini سنة 1648 ، ثم حولت المجموعة الى ميزيوم (متحف) بولونيا . وكان « كالسبولاريوس » فيرونأ وهو متحف مهم نظمته قرانيسكو كالتزولاري Francesco Calzolari (1522-1609) موضوع العديد من الكاتالوجات .

وفي انكلترا، كان اول كاتالوغي مهم هو كاتالوغي مجموعة جون ترادسكان John Tradescant لسنة 1656 . ومن بين الاشياء المحفوظة، ذكرت بصورة خاصة الاخشاب المتحجرة (Pyritisé) ثم شجرة البهشية المهترئة المجلوبة من « لوش نس » . وعرضت المجموعة في لامبث ثم نقلت الى « اشمولين ميزيوم » في اكسفورد، سنة 1683 (حيث لم تعد موجودة الآن ، لا هي ولا مجموعات لويدي وبلوت Lhuys, Plot) . وكانت جامعة اكسفورد اكثر حظاً ، فاحتفظت بمجموعة جون وودورد Robert Woodward . ومن جهتها حصلت « الجمعية الملكية » على مجموعة روبري هوبرت Robert Hubert (المعروف بفورجس) ، ونشرت كاتالوغيها سنة 1664 .

واقترح روبري هوك Robert Hooke انشاء المتحف الوطني البريطاني الذي شدد على منافع المجموعات الكبرى : كتب يقول : « ان علماء الطبيعة يفتقرون ، ليس فقط ، الى وصف لأنواع القواقع والاسماك ، بل الى وصف اشياء اخرى كثيرة . . ومن المستحسن تخصيص مستودع Repository لمجموعة كاملة ، ما امكن ، تتضمن كل انواع الاجسام الطبيعية التي يمكن العثور عليها بحيث يجد الفضوليون فيها بغيتهم فيرجعون اليها ويستخدمونها ، ويدورون حولها ليقروا كتاب الطبيعة . . . وبهذه المناسبة ، اغنى جداً ان يتضمن هذا المستودع Repository مجموعة كاملة ما امكن من الاصداف المتحجرة ومن المتحجرات المختلفة Pétifications » .

وتوقع هوك Hooke تأسيس ما سوف يكون « البريتش ميزيوم » (التاريخ الطبيعي) . ورغب ايواه في مونتاغو هوس ، في بلومبري . ونظمت اوراق بانصيب لتمويل شراء العقار وتنظيم المبنى الجديد . ونقل المستودع (Repository) والجمعية الملكية الى الميزيوم الجديد سنة 1781 ، وكان المؤسس الحقيقي للبريتش ميزيوم سير هانس سلوان Sir Hans Sloane الذي ترك للدولة مجموعاته الضخمة و20 000 ليرة استرلينية لحفظها .

مراجع القسم الثاني

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : *Histoire générale des civilisations*, t. IV : *Les XVI^e et XVII^e siècles* (R. MOUSNIER, 5^e éd., Paris, 1967) ; Collection « Peuples et civilisations », t. IX : *La prépondérance espagnole (1569-1600)* (H. HAUSER, 3^e éd., Paris, 1948) ; t. X : *Louis XIV (1660-1715)* (Ph. SAGNAC et A. de SAINT-LÉGER, 3^e éd., Paris, 1949) ; Collection « Clio » : *Le XVII^e siècle* (E. PRÉCLIN et V.-L. TAPIÉ, 2^e éd., Paris, 1949) ; Collection « Nouvelle Clio » : *La France aux XVII^e et XVIII^e siècles* (R. MANDROU, Paris, 1967) ; R. GROSSET et E.-G. LÉONARD, éd., *Histoire universelle*, t. III : *De la réforme à nos jours*, Paris, 1958 ; P. CHAUNU, *La civilisation de l'Europe classique*, Paris, 1966 ; F. BRAUDEL, *Civilisation matérielle et capitalisme*, t. I, Paris, 1967 ; B. WILLEY, *The seventeenth century background*, Cambridge, 1934 ; F. L. CARSTEN, *The Ascendancy of France (1648-1688)*, Cambridge, 1961 (« The new Cambridge modern history », t. V) ; H. A. PR. SMITH, *History of modern culture*, 2 vol., New York, 1930-1934 ; R. K. MERTON, *Science technique and society in seventeenth century (Osiris, vol. 4, 1938)*.

مؤلفات تتناول مجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de POSENDORFF, SARTON et RUSSO. Ouvrages cités de CLAGETT, CROMBIE, DAUMAS, GUNTHER, HALL, KOYRÉ, MIELU-PAPP-BABINI (vol. 5 à 7), WOLF ; G. HANOTAUX, éd., *Histoire de la nation française*, t. XIV et XV, Paris, 1924 (*Histoire des sciences* par E. PICARD, H. ANDOYER, P. HUMBERT, Ch. FABRY, A. COLSON, M. CAULLERY) ; H. BUTTERFIELD, *The origins of modern science*, Londres, 1949 ; H. PLEDGE, *Science since 1600*, 2^e éd., Londres, 1966 ; F. ENRIQUES et G. de SANTILLANA, *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Bologne, 1948 ; M. BOLL et divers, *La science, ses progrès et ses applications*, t. I, 2^e éd., Paris, 1950 ; R. LENOBLE et divers, *Les sciences au XVII^e siècle (revue XVII^e siècle, janv. 1956)* ; S. F. MASON, *Histoire des sciences*, Paris, 1956 ; A. R. HALL, *From Galileo to Newton, 1630-1720*, Londres, 1963.

الحياة العلمية

La vie scientifique : M. DAUMAS in *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; M. ORNSTEIN, *The role of scientific societies in the seventeenth century*, 3^e éd., Chicago, 1938 ; H. BROWN, *Scientific organizations in seventeenth century France*, Baltimore, 1934 ; Th. BIRCH, *History of the Royal Society of London*, rééd., 4 vol., New York, 1967 ; Sir H. LYONS, *The Royal Society, 1660-1940*, Cambridge, 1944 ; D. STIMSON, *Scientists and amateurs. A history of the Royal Society*, New York, 1948 ; E. MAINDRON, *L'Académie des Sciences*, Paris, 1888 ; *Histoire et prestige de l'Académie des Sciences (1666-1966)*, Paris, 1966 ; Institut de France, *Académie des Sciences, Trois siècles centenaire, 1666-1966*, 2 vol., Paris, 1967 ; A. FAVARO, *Documenti per la storia dell' Accademia dei Lincei (Bull. di bibl. e di storia delle scienze...)*, vol. XX, 1887). *Archives du Muséum d'histoire naturelle*, volume du Tricentenaire, Paris, 1935.

دراسات متخصصة

Monographies : A. CARLI et A. FAVARO, *Bibliografia galileiana*, Rome, 1896 ; G. BOSWTO, *Bibliografia galileiana, 1896-1940*, Rome, 1943 ; E. CERVILLI, *Bibliografia galileiana... (1942-1964)*, Varese, 1966 ; F. S. TAYLOR, *Galileo and the freedom of thought*, Londres, 1928 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, 2^e éd., Paris, 1966 ; Id., *Galilée et la révolution scientifique du XVII^e siècle*, Paris, 1955 ; G. ARETTI, *Amici e nemici di Galileo*, Milan, 1945 ; G. de SANTILLANA, *Le procès de Galilée*, Paris, 1955 ; GALLÉRI, *Sidereus nuncius*, trad. fr., Paris, 1964 ; Id., *Dialogues et lettres choisies*, Paris, 1966 ; L. GREYMONAT, *Galileo Galilei*, 2^e éd., Tuxin, 1962 ; *Atti del Symposium internazionale... Galileo...*, Vinci, 1967 ; Div., *Galilée, Aspects de sa vie et de son œuvre*, Paris, 1968 ;

E. McMULLIN, ed., *Galileo man of science*, New York, 1967; P.-M. SCHUHL, *La pensée de Bacon*, Paris, 1949; R. W. GIBSON, *A bibliography of Bacon's works and of baconiana...*, Oxford, 1950; H. F. ANDERSON, *Bibliography of Francis Bacon*, Chicago, 1948; I. BRECKMAN, *Journal*, éd. par C. de WAARD, 4 vol., La Haye, 1939-1953; M. MERSENNE, *Harmonie universelle*, Paris, 1636; rééd., Paris, 1961; Id., *Les Mécaniques de Galilée*, Paris, 1634; rééd. 1966; *Correspondence of P. Marin Mersenne*, éd. par C. de WAARD, 10 vol. parus, Paris, 1933-1967; R. LENOBLE, *Mersenne ou la naissance du mécanisme*, Paris, 1943; P. GASSENDI, *Opera Omnia*, 6 vol., Lyon, 1658; rééd. Stuttgart, 1964; *Pierre Gassendi*, Paris, 1955; *Tricentenaire de Pierre Gassendi*, Paris, 1957; Ch. ADAM, *Descartes, sa vie et son œuvre*, Paris, 1910; G. MILHAUD, *Descartes savant*, Paris, 1921; E. GILSON, *Le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*, Paris, 1930; J. F. SCOTT, *The scientific work of René Descartes*, Londres, 1952; A. von BRAUNMUEHL, *Christopher Scheiner...*, Bamberg, 1891; P. HUMBERT, *Un amateur, Pairesse*, Paris, 1933; Id., *L'œuvre scientifique de Blaise Pascal*, Paris, 1947; A. MARRE, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1912; Divora, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1964; A. R. HALL, ed., *The Correspondence of Henry Oldenburg*, 5 vol. parus, Madison, 1965-1968; H. GOUGHIER, *La philosophie de Malebranche*, Paris, 1928; L. BLOCH, *La philosophie de Newton*, Paris, 1908; F. CAJORI, *Sir Isaac Newton*, Londres, 1928; E. A. BURTT, *The metaphysics of Sir Isaac Newton*, Londres, 1925; L. T. MORE, *Newton*, Londres, 1934; Mrs and R. BABSON, *A descriptive catalogue... of the works of Sir Isaac Newton...*, New York, 1950; E. N. da C. ANDRADE, *Isaac Newton*, Londres, 1954; *The Correspondence of Isaac Newton*, ed. by H. W. TURNBULL, 4 vol. parus, Londres, 1959-1967; Y. BELAVAL, *Leibniz critique de Descartes*, Paris, 1960.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de BECKER et HOFMANN, BOURBAKI, BOUTROUX, BRAUNMUEHL, CAJORI, CANTOR (vol. 2 et 3), CHASLES, COOLIDGE, DEDRON et ITARD, HOFMANN, KÄSTNER, LORIA, MONTUCLA, SMITH, TROPFKE, ZEUTHEN; F. CAJORI, *A history of mathematics*, 2^e éd., New York, 1919; W. W. R. BALL, *Histoire des mathématiques*, 2 vol., Paris, 1928; E. T. BELL, *The development of mathematics*, 2^e éd., New York, 1945; R. C. ARCHIBALD, *Outline of the history of mathematics*, 6^e éd., Amer. Math. Monthly, 1949; J. E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, 8 vol., Berlin, 1963; J. F. SCOTT, *A history of mathematics*, Londres, 1958; L. BRUNSCHVIG, *Les étapes de la philosophie mathématique*, 4^e éd., Paris, 1947; P. BOUTROUX, *L'idéal scientifique des mathématiciens*, 2^e éd., Paris, 1955; D. T. WHITESIDE, *Pattern of mathematical thought in the later seventeenth century* (*Archive for History of Exact Sciences*, I, 3, Berlin, 1961); P. SERGESCU, *Les recherches sur l'infini mathématique...*, Paris, 1949; C. B. BOYER, *The concept of the calculus*, 2^e éd., New York, 1949; L. GEYMONAT, *Storia e filosofia dell'analisi infinitesimale*, Turin, 1947; L. E. DICKSON, *History of the theory of numbers*, 3 vol., Washington, 1923; I. TODDUNTER, *History of the mathematical theory of probabilities...*, Cambridge, 1865; J. L. COOLIDGE, *History of geometrical methods*, Oxford, 1940; Id., *A history of the conic sections and the quadric surfaces*, Oxford, 1945; A. AMODEO, *Origine e sviluppo della geometria proiettiva*, Naples, 1939; C. B. BOYER, *The history of analytical geometry*, New York, 1957; P. TANNERY, *Mémoires scientifiques*, t. VI, Paris, 1926; H. BOSMANS, nombreux articles (liste in Arch. int. hist. des sci., t. 3, 1950); F. RITTGER, *François Viète*, Paris, 1895; J. ITARD, *Pierre Fermat*, Bâle, 1950; G. KNOTT, ed., *Napier tercentenary memorial volume*, Londres, 1915; R. TATON, *L'œuvre mathématique de G. Desargues*, Paris, 1951; A. FAVARO, *B. Cavalieri*, Venise, 1915; E. WALKER, *A study in the «Traité des indivisibles» of Roberval*, New York, 1932; F. CAJORI, *William Oughtred*, Chicago, 1916; P. H. OSMOND, *Isaac Barrow*, Londres, 1944; J. F. SCOTT, *The mathematical work of J. Wallis*, Londres, 1938; C. J. SCRIBA, *Studien zur Mathematik der John Wallis...*, Wiesbaden, 1966; H. W. TURNBULL, *James Gregory*, Londres, 1939; Id., *The mathematical discoveries of Newton*, Londres, 1945; *The Mathematical Works of Isaac Newton*, ed. by D. T. WHITESIDE, 2 vol., New York, 1964-1967; *The mathematical papers of Sir Isaac Newton*, ed. by D. T. WHITESIDE, 3 vol. parus, Cambridge, 1967-1968; I. NEWTON, *Principes mathématiques*

matiques de la philosophie naturelle, trad. Mine du CHATELET (Paris, 1756 ; rééd. 1966) ; ID., *La méthode des fluxions et des séries infinies*, trad. BUFFON (Paris, 1740 ; rééd. 1966) ; LEIBNIZ, *Mathematische Schriften* (GERHARDT, éd., 7 vol., Berlin, 1849-1863 ; rééd., 7 vol. Hildesheim, 1962) ; ID., *Die philosophischen Schriften*, 7 vol. (GERHARDT, éd., Berlin, 1875-80 ; rééd. Hildesheim, 1960-61) ; ID., *Briefwechsel mit Mathematikern* (Berlin, 1899 ; Hildesheim, 1962) ; J. E. HOVMANN, *Die Entwicklungsgeschichte der leibnizischen Mathematik...*, Munich, 1949 ; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, I, Bâle, 1953 ; *Œuvres de Viète* (Leyde, 1646), Format (5 vol., Paris, 1891-1922), Descartes (12 vol., Paris, 1896-1911 ; en cours de réédition), Torricelli (5 vol., Faenza, 1919-1944), Pascal (14 vol., Paris, 1908-1914), Huygens (22 vol., La Haye, 1888-1950).

ميكانيك

Mécanique : Ouvrages cités de DIJKSTERHUIS, DUGAS, DUHÉM, JOUCQUET, MACH, OLSCHKI ; R. DUGAS, *La mécanique au XVII^e siècle*, Paris, 1954 ; E. A. BURT, *The metaphysical foundations of modern physical science*, 2^e éd., Londres, 1932 ; E. W. STRONG, *A study in the philosophy of mathematical-physical science in the 16th and 17th centuries*, Berkeley, 1931 ; R. LENOBLE, *Mécanisme et la naissance du mécanisme*, Paris, 1942 ; M. BOAS, *Establishment of the mechanical philosophy* (Osiris, t. X, 1952) ; E. T. BELL, *Christian Huygens and the development of science in the 17th century*, Londres, 1947 ; I. TODHUNTER, *A history of the theory of elasticity*, 2 vol., Cambridge, 1893 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, Paris, 1939 (2^e éd., 1966) ; ID., *Études newtoniennes*, Paris, 1968 ; ID., *A documentary history of the problem of fall from Kepler to Newton*, Philadelphia, 1955 ; C. de WALAND, *L'expérience barométrique*, Thouars, 1936 ; W. E. K. MIDDLETON, *History of the barometer*, Baltimore, 1964 ; M. CUGROUX, *Métaphysique de la force chez Descartes et chez Malebranche* (Rev. de métaph. et de morale, 1954) ; ID., *Dynamique et métaphysique leibniziennes*, Paris, 1934 ; P. COSTABEL, *Leibniz et la dynamique*, Paris, 1960 ; F. ROSENBERGER, *Newton und seine physikalischen principien*, Leipzig, 1895.

فلك

Astronomie : Ouvrages cités de BERTRAND, DELAMBRE, DEYER, JOHNSON, KOYRÉ, ZINNER ; PINCHÉ, *Annales célestes du XVII^e siècle*, Paris, 1901 ; BALLY, *Histoire de l'astronomie moderne*, 3 vol., Paris, 1785 ; J. LALANDE, *Bibliographie de l'astronomie*, Paris, 1803 ; J.-C. HOUZEAU et A. LANCASTER, *Bibliographie générale de l'astronomie*, 2 vol., Bruxelles, 1882-1889 ; E. DOUBLET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1922 ; F. BOQUET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1924 ; G. BIGOURDAN, *L'astronomie. Évolution des idées et des méthodes*, Paris, 1931 ; H. MACPHERSON, *Makers of astronomy*, Oxford, 1933 ; G. ARETTI, *Storia dell'astronomia*, Florence, 1946 ; trad. angl., New York, 1952 ; A. KOYRÉ, *La gravitation universelle de Kepler à Newton*, Paris, 1951 ; ID., *La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*, Paris, 1961 ; A. DANJON et A. COUDER, *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935 ; H. C. KING, *The history of telescope*, Londres, 1956 ; C. ANDRÉ et C. RAYET, *L'astronomie pratique et les observatoires... depuis le milieu du XVII^e siècle*, 5 vol., Paris, 1874-1881 ; C. WOLFF, *Histoire de l'Observatoire de Paris*, Paris, 1902 ; G. BIGOURDAN, *Histoire de l'astronomie d'observation et des Observatoires en France*, 2 vol., Paris, 1918-1930 ; H. SPENCER-JONES, *The Royal Observatory Greenwich*, Londres, 1943 ; *Observatoire de Paris. Trois siècles d'astronomie (1667-1967)*, Paris, 1967 ; P. HUMBERT, *Les astronomes français de 1610 à 1687*, Draguignan, 1942 ; J. A. REPSOLD, *Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge*, 2 vol., Leipzig, 1908-1914 ; E. ROSEN, ed., *Kepler's Conversation with Galileo's sidereal Messenger*, New York et Londres, 1965 ; *Œuvres de Galilée* (20 t., Florence, 1890-1909 ; rééd. en cours), de Kepler (8 vol., Francfort, 1858-1870 ; n^o éd. en cours de publication, Munich, depuis 1938) ; éd. anglaises du *Dialogo* de GALILÉE (Chicago, 1953 ; Berkeley, 1953), des *Principia* de NEWTON (Berkeley, 1946) ; éd. française des *Principia* (Paris, 1756 et 1967) ; M. CASPAR, *J. Kepler*, Stuttgart, 1948.

فيزياء

Physique en général : Ouvrages cités de POGORODOFF, GERLAND et TRAUMÜLLER, LASSWITZ, ROSENBERGER, E. HOFFE, *Histoire de la physique*, Paris, 1928 ; F. CAJORI, *History of physics*, 2^e éd., New York, 1929 ; W. F. MAGIE, *A source book in physics*, New York, 1935 ; H. VOLKINGER, *Les étapes de la physique*, Paris, 1929 ; R. CÄVERNT, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, 6 vol.,

Florence, 1891-1900; P. MOUTY, *Le développement de la physique cartésienne*, Paris, 1934; M. DAUMAS, *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1953; Ch. SINGER, E. J. HOLMYARD et A. R. HALL, *A history of technology*, vol. 3 : 1400-1650, Cambridge, 1957; A. P. Usher, *A history of mechanical inventions*, 2^e éd., Harvard Univ. Press, 1954; L. T. MORE, *Life and works of... Robert Boyle*, New York, 1944; J. F. FULTON, *Bibliography of Robert Boyle*, 2^e éd., Londres, 1954; R. BOYLE, *The Works*, 6 vol., Londres, 1772; rééd. Hildesheim, 1965-1966; M. ESPINASSE, *Robert Hooke*, Londres, 1956; H. W. ROBINSON et W. ADAMS, *The diary of Robert Hooke, 1672-1680*, Londres, 1935; R. HOOKE, *Micrographia*, Londres, 1665; rééd. Londres, 1964; I. B. COHEN, ed., *Isaac Newton, Papers and Letters on natural Philosophy*, Cambridge, U.S.A., 1958.

Optique : J. PRIESTLEY, *History and present state of discoveries relating to vision, light and colours*, 2 vol., Londres, 1772; E. VERDET, *Leçons d'optique physique*, 2 vol., Paris, 1869-1870; D. N. MAL'IK, *Optical theories*, 2^e éd., Cambridge, 1917; E. HOPPE, *Geschichte der Optik*, Leipzig, 1926; C. E. PAPANASTASSIOU, *Les théories sur la nature de la lumière de Descartes à nos jours*, Paris, 1935; C. PLA, *El enigma de la luz*, Buenos Aires, 1949; V. RONCHI, *Histoire de la lumière*, Paris, 1956; Id., *Galileo e il cannocchiale*, Udine, 1942; R. SAVELLI, *Nel terzo centenario del « De lumine » di F. M. Grimaldi*, Florence, 1966; I. B. COHEN, Roemer and the first determination of the velocity of light (*Isis*, t. 31, 1943); I. NEWTON, *Opticks*, Londres, 1704 (rééd. New York, 1952; trad. fr., Paris, 1720; rééd. Paris, 1955); E. R. THOMAS, *Newton and the origin of colours*, Londres, 1934; K. J. A. HALBERTSMA, *A history of the theory of colours*, Amsterdam, 1949; R. S. CLAY et T. H. COURT, *The history of the microscope*, Londres, 1932; Ed. FRISON, *L'évolution de la partie optique du microscope*, Leyde, 1954; M. ROOSEBOOM, *Microscopium*, Leyde, 1956.

مغناطيس وكهرباء

Magnétisme et électricité : J. PRIESTLEY, *History and present state of electricity...*, Londres, 1767; trad. fr., Paris, 1771; M. SIGAUD DE LAPOND, *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, Paris, 1781; Th. MARTIN, *La foudre et le magnétisme chez les Anciens*, Paris, 1866; E. SARTIAUX et M. ALLAMAT, *Principales découvertes et publications concernant l'électricité*, Paris, 1903; P. F. MOTTELEY, *Bibliographical history of electricity and magnetism*, Londres, 1922; E. HOPPE, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig, 1884; D. M. TURNER, *Makers of science : electricity and magnetism*, Oxford, 1927; J. DAUJAT, *Origine et formation des théories de l'électricité et du magnétisme*, Paris, 1947; M. GLIOZZI, *L'elettrologia fino al Volta*, 2 vol., Naples, 1947; E. BAUER, *L'électromagnétisme hier et aujourd'hui*, Paris, 1949; E. T. WITTAKER, *History of the theories of aether and electricity*, 2^e éd., 2 vol., Edimbourg, 1951-1953; D. H. D. ROLLER, *The « De Magnete » of William Gilbert*, Amsterdam, 1956; J. SMOLKA, *Otto de Guericke et son rôle dans l'histoire de l'électricité* (*Acta hist. rer. natur. techn.*, spec. issue 2, 1966).

كيمياء

Chimie : Ouvrages cités de CROSLAND, DELACRE, DUVERN, FERGUSON, FIEZ-DAVID, HOLMYARD, JAGNAUX, LEICHTER et KLIKSTEIN, von LIEPMANN, OSTWALD; J. R. PARTINGTON, *A short history of chemistry*, Londres, 1948; H. METZGER, *La chimie*, Paris, 1930; Id., *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e siècle à la fin du XVIII^e siècle*, Paris, 1923; Id., *La genèse de la science des cristaux*, Paris, 1918; F. SZABADVARY, *History of analytical chemistry*, Londres, 1966; H. de WAELE, J. B. van Helmont, Bruxelles, 1948; T. S. PARTERSON, *J. Mayow's contribution to the history of respiration and combustion* (*Isis*, vol. 15, 1931); M. BOAS, *Robert Boyle...*, Cambridge, 1968; G.-E. STAHL, *Œuvres médico-philosophiques*, t. 2 à 6, Paris, 1859-1865.

علوم الأحياء

Sciences biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de CANUOLLEUM, CAULLERY, LOCK, MENDELSON, NORDENSKIÖLD, RÄDL, RAVEN, ROSTAND, SINGER; G. CUVIER, *Histoire des sciences naturelles*, 5 vol., Paris, 1831-1845; J. METZGER, *Niels Steensen*, Copenhague, 1928; E. CUYENOT, *Les sciences de la vie aux XVII^e et XVIII^e siècles*, 2^e éd., Paris, 1956; M. CAULLERY, *La biologie au XVII^e siècle (XVII^e siècle)*, janv. 1956; C. SCHERZ, *Nicolaus Steno and his indice*, Copenhague, 1958; Id., *Pionier der Wissenschaft. Niels Stensen in seinen Schriften*, Copenhague, 1963; Id., *Niels Stensen...*, Stuttgart, 1964.

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de ANKER, BOUVIER, CARUS, DELAUNAY, HALL, LOBEL, NISSEN, PATTI et THÉODORIDÈS ; C. DORRER, *Antony van Leeuwenhoek and his little animals*, Londres, 1932 ; J. ROSTAND, *L'évolution des espèces. Histoire des idées transformistes*, Paris, 1932 ; F. J. COLE, *Leeuwenhoek's zoological researches* (*Ann. of Sci.*, I, 1937, 1-46) ; A. SCHIEBERECK, *The collected letters of A. van Leeuwenhoek*, 8 vol. parus, 1939-1967 ; M. F. A. MONTAGU, *Edward Tyson*, Philadelphie, 1943 ; G. R. de BRER, *Hans Sloane and the British Museum*, Londres, 1953 ; L. BELLONI, *Francesco Redi biologo*, Pise, 1958 ; W. HARTVEY, *De motu locali animalium*, éd. WHITBRIDGE, Londres, 1959 ; A. SCHIEBERECK, *Measuring the invisible world : the life and works of Antoni van Leeuwenhoek*, Londres et New York, 1959 ; H. P. ADELMANN, *Marcello Malpighi and the evolution of embryology*, Ithaca (N. Y.), 1966, 5 vol. ; J. THÉODORIDÈS, *Les grandes étapes de la parasitologie* (*Clio Medica*, I, 1966, p. 129-145, 185-208).

تشریح و فیزیولوجیا حیوانیه

Anatomie et physiologie animales : Les ouvrages précédemment cités de CHOUANT, FOSTER, HEHLINGER et KUDLIEN, ROTHSCHUM, SINGER ; F. F. COLE, *Early theories of sexual generation*, Oxford, 1930 ; J. F. FULTON, *Selected readings in the history of physiology*, Springfield, 1930 ; Id., *A bibliography of the writings of W. Harvey*, 2^e éd., Cambridge, 1953 ; G. CANGUILHEM, *La formation du concept de réflexe aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1955 ; Ch. SINGER, *The discovery of the circulation of the blood*, London, 1956 ; L. CHAUVOIS, *William Harvey*, Paris, 1957 ; W. PAGE, *William Harvey's biological ideas...*, Basel-New York, 1967.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de BARIÉTY et COURY, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEPGEN, GARRISON, GARRISON et MORTON, KING, LAIGNEAU-LAVASTINE, SINGER et UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF ; A. PORTAL, *Histoire de l'anatomie et de la chirurgie*, 6 vol., Paris, 1770 ; Th. de BORDEU, *Histoire de la médecine*, in *Œuvres complètes*, t. II, Paris, 1818 ; M. RATNAUD, *Les médecins au temps de Molière*, Paris, 1863 ; P. PIC, *Guy Patin*, Paris, 1911 ; P. LECÈNE, *L'évolution de la chirurgie*, Paris, 1923 ; F. R. PACKARD, *Guy Patin and the medical profession in Paris in the seventeenth century*, New York, 1925 ; W. PAGE, *Johannes Baptista van Helmont ; Einführung in die philosophische Medizin des Barockes*, Berlin, 1930 ; L. REUTTER DE ROSEMONT, *Histoire de la pharmacie*, 2 vol., Paris, 1931 ; J. LEVY-VALENSI, *La médecine et les médecins en France au XVII^e siècle*, Paris, 1933 ; E. KREMER et G. URDANG, *History of the pharmacy*, Philadelphie, 1940 ; E.-H. GUTTARD, *Manuel d'histoire de la littérature pharmaceutique*, Paris, 1942 ; J. GUIART, *Histoire de la médecine française*, Paris, 1947 ; K. DEWHURST, *Dr Thomas Sydenham*, Londres, 1966 ; P. HUARD et M. D. GIMCKE, *La chirurgie moderne. Ses débuts en Occident : XVI^e, XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1968.

علم النبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE, GREEN, JESSOP, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, REND, SACHS ; F. W. OLIVER, *Makers of british botany*, Cambridge, 1913 ; G. E. RAYN, *John Ray naturalist*, 2^e éd., Londres, 1950 ; R. HEIM et divers, *Tournfort*, Paris, 1957.

علوم الأرض

Sciences de la Terre : Ouvrages cités de ADAMS, GEYER, von GROTH, KOBEL, de MARGERIE, MATHY et MASON, MEUSNER, ZITTEL ; M. DAUBRÉE, Descartes, l'un des créateurs de la cosmologie et de la géologie (*Journal des savants*, 1880) ; R. LENOIR, *La géologie au milieu du XVII^e siècle*, Paris, 1954 ; J. G. GARRETT, *The Prodomos of Nicolaus Steno's dissertation...* (*Univ. Michigan studies*, hum. ser., 1916, vol. XI) ; C. PÉCAUT, *L'œuvre géologique de Leibniz* (*Rev. gén. des sci.*, 1951) ; R. FURON, *La paléontologie*, 2^e éd., Paris, 1951 ; W. N. EDWARDS, *Guide to an exhibition illustrating the early history of palaeontology*, Londres, 1931 ; J. E. HILLER, *Beets de Boodt, précurseur de la minéralogie moderne* (*Ann. Guépard-Séverine*, 1935).

القسم الثالث :

القرن الثامن عشر

بخلال اقل من قرن، بعد نشر « الماغيت » (المغناطيس) لجيلبرت (1600) وحتى نشر « مبادئ » نيوتن (1687)، تغير وجه العلم بشكل عميق حتى اصبحت غير معروف، ولكن، بدلاً من قتل الميل نحو البحث، عملت ضخامة التقدم المحقق - وهي تبعث ثقة عظيمة في القيمة التفسيرية وفي القيمة العملية للعلم - من اجل اعمال جديدة: ومن اجل اكتشافات جديدة. فضلاً عن ذلك، كان اتساع المجالات المفتوحة حديثاً امام العلم، بحيث ظلت قطاعات واسعة اذا لم تكن للكشف ايضاً، فعلى الاقل للاستثمار بشكل منهجي .

ولهذا انفتح القرن 18 ضمن مناخ من التفاؤل . وسرعان ما اخذ اكثر ملوك اوربا يتنافسون في رعاية وفي تأسيس الاكاديميات، متحين امام العديد من العلماء ، وهم كونيون التوجهات بطبيعتهم ، كي يعملوا ضمن مناخ من الطمأنينة النسبية. الا ان العلم ساهم بنشاط في الحركة الفلسفية، ضمن قرن الانوار، وفي الاعداد الفكري « للثورة الفرنسية » . ان العلم، كعامل قوي الاثر في تحرير الفكر، قد بدا ايضاً في نظر الموسوعيين «الانسكلوبيديين» وخلفائهم كعامل قوي من عوامل التقدم الاجتماعي، يتيح اجراء تحسين سريع في ظروف معيشة البشرية .

نظرة طوباوية ولا شك، ولكنها، بالتزاوج مع الاعتبار الموروث عن الاكتشافات الكبرى التي حصلت بخلال القرن السابق، ومع الحركة الضخمة للفضول العلمي الذي سببه انتشار النيوطينية والفيزياء التجريبية، ساهمت في الانتشار الاوسع للعلم، وبالتالي، في تسريع التقدم .

ان المهمة الاساسية للرياضيين في القرن 18 سوف تكون التوضيح والتوسيع والتنسيق، والتطبيق للاكتشافات الحديثة . ان تطور الحساب اللامتناهي الصغر، واستعمال ادوات جديدة: معادلات تفاضلية، معادلات ذات الاشتقاق الجزئية، حساب التغيرات، الخ كل ذلك اتاح استعمال البناء بناء الميكانيك السماوي النيوتني، كما اتاح متابعة تربيض الميكانيك، ثم القيام بشريض السمعيات. الهيدروديناميك .

وعلى موازاة هذا الجهد النظري، شاهد القرن 18 نهضة فخمة في الاسلوب التجريبي، الذي

وان كان قد رعاه العديد من الفيزيائيين في القرن 17، إلا أنه عانى من نجاح الديكارتية. وانتشرت « الفيزياء التجريبية » من انكلترا ومن البلدان المنخفضة فعمت مختلف بلدان أوروبا، حيث عرفت انتشاراً غريباً، وتوافق صعود الفيزياء مع النجاح النهائي للنيوتنية وتفوقها على النظام الديكارتى، الذي سقط، منذ زمن بعيد، في الروتين الجامد. ونتجت النجاحات الكبرى المحققة في دراسة الكهرباء والمغناطيسية والحرارة والكيمياء، عن تعايش وتفاعل هذين التيارين تيار التفكير النظري وتيار البحث التجريبي.

في حين أن علوم الأرض عاجلت المشاكل الأساسية، بحرية فكرية أكبر، كما عرفت علوم الحياة تقدماً سريعاً بفضل النهج الطبيعي للتصنيف، ويفضل العديد من الدراسات الوصفية ويفضل بحوث الفيزيولوجيا الحيوانية والنباتية، والاهتمام الذي لاقته المسائل الكبرى المتعلقة بنشأة ويخلق الكائنات الحية.

وهكذا، وإن بصورة أقل بروزاً ووضوحاً، تابع القرن 18، وعبر طرق أصيلة في أغلب الأحيان، الجهد الضخم الذي قام في القرن السابق، فقدم نتائج عديدة غير معروفة من قبل، وصاغ نظريات خصبة، وفتح أمام البحث آفاقاً جديدة.

قرن الفضول

« القرن الكبير » هو القرن الثامن عشر . هذا ما قصدت . . » بهذا الكلام اوضح ميشيلي Michelet تفضيله لعصر يخترع بدلاً من عصر يقتصر على العرض . في فرنسا ، لقد ولي زمن القصائد الأسوسية الكاملة ، والجنانين الكاملة ، وأخذت الملكية المطلقة تنجيه نحو الانحدار . وجاء وقت المجادلات المتحمسة : في أوروبا أخذ الأمراء يفتشون عن الهامهم في الأفكار بدلاً من المراتي واستمدوا من الفلاسفة ، إن لم يكن خطط العمل ، فعل الأقل الميل الى التداول والتشاور . وأخذت أوروبا تنظر الى العالم بعين جديدة : لا كخزان للثروات التي يجب الاستيلاء عليها بل كخزان لحضارات يجب فهمها .

حدود القرن = القرن الثامن عشر ؟ انه بالضبط والتمام مئة عام بين 1700 و1800 ؟ في انكلترا ، لقد بدأ بأكراً ، وربما منذ ثورة 1688 . وفي روسيا ، بدأ متأخراً ، وبدون شك سنة 1763 ، مع مجيء كاترين الكبرى Catherine . وينفس اللعبة ، يمكن تحديد سنة 1740 بالنسبة الى ألمانيا (او على الأقل فقط بالنسبة الى بروسيا فردريك الثاني Frédéric II) . والعادة جرت اعتبار سنة 1715 فيها خص فرنسا ، وهو تاريخ مقبول . هل اختيار هذه التواريخ هو اختيار عشوائي ؟ ان اي تحليل ، مهما بدا طويلاً وتسلسله « الوقائع » لا ينجح في تبرير الاختيار .

ان هذا الاختلاف في التواريخ بين الغرب والشرق ، يبدو عكساً ولكن تصعب برهنته . ان اي فرد كثير المطالعة ، ومتحرر في فكره ، سوف يوافق على هذا التحديد بفارق بسيط لا يتجاوز السنوات القليلة .

لقد استيقظ القرن 18 أولاً في انكلترا ، وفي فرنسا . ولكن ما هو حاله في العالم ؟ لا الصين ولا الهند ، ولا ما تبقى ، في الحراب ، من اميركا الهندية ، ولا افريقيا ، ان اياً منها لم يشعر اقل شعور بالانتهاء الى القرن 18 . ان اميركا الاوروبية فقط ، اعتمدت روزنامة أوروبا وبخاصة الروزنامة الانكليزية . وخارج أوروبا (والاوروبيين) لم تكن الحضارة ذات الاسس العلمية قد ولدت بعد : بل ان احداً لم يشعر بوجودها .

ولانه يجب الكلام عن العلم فقط من اجل تمييز القرن 18 اذا شئنا ان نمثل على شيء افضل من تحكيمية الرونزامه الفريغورية. عصر الانوار؟ عصر يفتش عن نور جديد ينتظر من « الفكر » ما كان متوقفاً ، قبله ، من « النفس » ، عصر انصب على معاداة الدين ، من اجل اعادة بناء الشخص البشري ، بشكل افضل تحت طائلة تحطيم العلاقات التقليدية التي كانت تربط الاحساس والتأمل (من هنا الازمات العنيفة) اللذين يشكل مجموعهما الايمان ، من اجل ربط التجربة والعقل في ضمة سوف تشكل العلم .

ان القبول بهذا التعريف لعصر الانوار يعني القبول بهذا الفارق بين الشرق والغرب والذي يضع الحدود القارية لاوروبا (على اطراف اسيا) على اكثر من خمسين سنة بعداً عن الحدود البحرية لاوروبا ، على شاطئ الاطلسي . وهذا الفارق يعني ايضاً شيئاً ما : ان التقدم يأتي من الاطلسي . لا شك ان القوافل البطيئة في مهب اسيا الوسطى ، كانت تتجه دائماً من شواطئ هوانغ - هو الى شواطئ البحر الاسود ، قوافل تحاول الانكليز استثمارها عند مرورها . متربصين بها دائماً عند شواطئ بحر الجزر ، بفعل شركتهم المسماة « موسكوفيا » . ولكن هذه القوافل لا تستطيع بنجاح مقاومة قوة التجارة البحرية الانكليزية ، وخاصة الهولندية والفرنسية ، والبرتغالية ايضاً ، التي كانت تنص عبر المرافئ اشباه الجزر الاسيوية الغنية ، واسياد البحر هؤلاء كانوا ايضاً اسياد اميركا .

مصادر الذوق - انه قرن التجارة البحرية العالمية . لا شك ان اوروبا عرفت منذ قرون الكثير من انتاج نفية العالم ، انما على شكل عثبات ، وبكميات صغيرة . اما هذه المرة فكميات البضائع الجديدة ضخمة ، وتدخل بعمق في المدن الداخلية (وبخاصة في غربي اوروبا) لكي تعدل الاذواق ، وتستثير الفضول وتفتح روح المغامرة ، وتحمل الخيال نحو الشواطئ الخلاقة . ومن السهل فهم الاهتمام الحاد الذي ائجه نحو الجينينات العلمية النباتية . فالكثير من الانواع غير المعروفة وسعت افق الاحساس بالطبيعة ، او بصورة افضل اعطته حجماً ابعد وعمقاً يضاف الى مساحات المناظر الريفية المعتادة . ولكن الاشربة ايضاً والاطعمة الجديدة ايقظت الشهيات كما انها اغنت خزانة الادوية . واستمتعت العين برؤيات جديدة وبأقمشة وبساحيات ، واصبحت بلورهاي اي العين متطلبة .

مطالب جديدة يقتضيها الاحساس ، جعلت انسان القرن الثامن عشر اكثر حساسية واكثر ابداً . وانتقال بضعة ملايين من الناس من حالة الاحساس المتلبذ بالاعتقاد الى حالة الحساسية المتزايدة والاكثر حدة ، هذا الانتقال نفي الميل نحو الرفاهية ونحو الراحة . وامام رفاة الاحساسات ولطفها في القرن الثامن عشر بدت عادات كثيرة كانت سائدة في القرون الماضية اقرب الى البربرية . وكذلك الفكر ترهف مع ترهف الحواس . والشئ الذي كان يرضي اتباع لويس الكبير ، بدا تافهاً او تبجحاً في نظر اتباع لويس الخامس عشر المحبوب وساد في هذا القرن ، القرن الثامن عشر مناخ أقل صرامة واكثر لطفاً : فساد الشك والمرح والحرية واخذ الانسان يجرب نفسه ويغامر . واخذ يهرب من القواعد ومن الاصول ومن التشريفات ، واتجه نحو الجلفة ونحو التجربة ، فوقع غالباً ، وفي اغلب الاحيان في التافه وفي الصعب والخطر ، ولكنه اكتشف التقدم احياناً .

اصول العلم - هنا يكمن ولع هذا العصر. ان اورويا، ومنذ قرنين توجهت للبحث عن قازات جديدة، واكملت تقريباً اكتشاف الكرة الارضية. والى هذا البحث فوق السطح جاء دور البحث في العمق (رغم ان التوجهين كانا يتعايشان ويدعم احدهما الآخر، الا ان الميل كان يذهب مرة بهذا الاتجاه أو بذاك). اكتشاف في العمق أدى الى نتائج مذهشة في كل مجالات سلم المعرفة.

في القمة: نيوتن Newton، او اذا فضلنا اسم الشيء على اسم الانسان، مكانة الكرة الارضية في الكون. هنا افتتح القرن الثامن عشر، في انكلترا على احدى هذه العجائب العلمية التي عددها قليل في تاريخ البشرية. وتدل اعرق المستندات على الجذب الذي مارسه القبة السماوية على خيالات الناس. في القرن السادس عشر تراكمت، بفضل كوبرنيك Copernic ونيكوبراهي Tycho Brahé، وفي بداية القرن السابع عشر، مع كيبلر Kepler وغاليلي Galilée، تراكمت الملاحظات والملاحظات التي تتزايد دقتها، بفضل هذا الفضول العلمي. اية غزارة. ولكن ايضاً توافق نضج الازمنة بفضل تراكم الجهود واندماجها، جهود من آلاف مؤلفة. وعلى نيوتن Newton هبط الحظ والشرف في كشف الصيغة الوحيدة. وزيادة على ذلك، ومن اجل هذا الاكتشاف، واستثماره، حقق نيوتن وسائل مذهشة في الحساب جعله يستخلم في حقل اوسع بكثير من حقل علم الفلك.

وتجاوزت اهمية نيوتن الدور الحاسم لاكتشافاته الفلكية والرياضية. ان اختصار العالم بصيغة واحدة (اذ هكذا فسرت العقول النيرة كتاب نيوتن المبادئ) اسكر المفكرين بالامل، وجعل الثرثارين لا يبدؤون. وبعد فونتينييل Fontenelle اخذ كبار وصغار المعلمين في فرنسا وفي اورويا يكتبن، خيراً او شراً، عن الامكانات التي لا حد لها، امكانات الفكر البشري. وبعدها اصبحت الجراة والطموح لا حدود لها.

الاداب والعلم - ان البحث والانشاء قد تشجعا، ليس من اعلى فقط، بل ايضاً بفضل العديد من التفاصيل الصغيرة في الحياة اليومية التي تغذي التجربة البشرية وتطرح اسئلة لا نهاية لها على الحرفيين، الذين دفعوا لكي يصبحوا مبتكرين ومخترعين. ان بناء البيوت وتنظيم المدن وابتكار الاثاث، والمطبخ، والثياب، كل شيء يبحث عن التقدم، اي عن تكيف افضل مع حاجات الانسان، انه بحث عن ما سوف يسمى بكلمة انكليزية الرفاه. هذه هي البيوت تصبح منظمة تبعاً للمفيد اكثر مما هي من اجل الابهة. واضيئت الشوارع ونظفت، وأنشئت الارصفة من اجل المشاة، وبنيت في آخر القرن بعض قنوات للمياه الجارية. وهذه هي الاثاثات المنزلية تفقد رسميتها لتصبح اكثر راحة (وقد سادت الكلمة في مصانع الابنوس) واصبحت المقاعد بشكل يلائم شكل الاجسام الجالسة. والكل رتب في غرف افضل اضاءة وافضل حماية وافضل ترتيباً. وبدلاً من الذهب والرخام، وهي مواد قاسية فضلت التحف المشغولة بدقة حيث تراكم عجائب العبقريّة. وفي آخر القرن جاء دور الالات الاوتوماتيكية. واضيفت الى الاقمشة الحريرية المشاة بخيوط الذهب القطنيات المطبوعة. وفي كل ضواحي المدن في اورويا تصور الحرفيون وجربوا وكيّفوا معداتهم، وفتشوا عن مواد جديدة تتلاءم

اكثر مع متطلبات الموضة الجديدة. وكذلك الطباقون كانوا احياناً عالين بالنبات وكانوا يتطلعون ايضاً الى الصيدلة .

ولكن هذا ليس من أجل إرجاع التجارة الى العادات الطبية التي كانت تجعل من تاجر الأفوية ، بائع خرسوات ، وبائع غرائب الغرائب المكلفة ، أو اكسير إطالة العمر . بل بالعكس من أجل إدخال التغيير على نمط الحياة ، تغيير يعد المكان لثورة في فن العناية : الى هذا كان التطلع .

ان الكثير من العناصر المستعملة في الصيدلة : مثل القرعة والزنجبيل وغيرها من المستحضرات البعيدة المكلفة والنادرة ، والتي اصبحت سهلة التناول فجاءة ، مثل الكحول ايضاً والذي سمي شعبياً بماء الحياة ، كل هذه الاشياء اصبحت من التوابل ، او من التتميمات العادية ، لطعام اقل غزارة ولكنه اكثر تنوعاً ، واقل ازدهاماً . وكان على الأطباء ان يصبحوا شيئاً آخر غير رعاية الحساية والنظام في الطعام . ان معالجتهم لن تقتصر بعد الآن على رعاية الاخلاط والامزجة . وقد وضع التشريع بفضل الجراحة الضوء على الاهمية الخاصة للاعضاء ، كما فتح السبل امام كلود برنار Claude Bernard وامثاله . وهذا في زمن سرع فيه اللقاح اكتشافات باستور Pasteur ، قبل ان يدرك سر نجاحه .

وليس هذا كل شيء لقد امتد الاصلاح في فن الطبخ فشمل البعد النباتي ، وبصورة خاصة الحيواني : فادخلت في لائحة الاطبعة اللحوم « الضخمة » التي ظلت تعتبر حتى ذلك الحين اطعمة مبتذلة ، وهذا ادى الى معرفة افضل في تشريح الحيوانات ، والى تجربة جديدة في تربيتها .

وتدلنا زيارة اي فندق صغير خاص في القرن الثامن عشر على زينات خشبية لطيفة ، وعلى اقفال مضبوطة ، وعلى زينات من الزهور والاثمار والحيوانات ، وعلى مناظر ريفية (وكل ذلك مرسوم او منجّد) ، وكل ذلك على نمط بوفون Buffon . وبوفون من مونتبار : نجار وحداد ، ومدقق في الكائنات الحية ومهندس زراعي وخبير ايضاً .

هذا القرن اعطى ادباً غزيراً حول طبيعة النار . وتمت العودة الى ارسطو قبل التحمس من اجل تجارب فرانكلين Franklin حول الصاعقة . وكان فولتير Voltaire ، (ومدام شاتيليه Mme du Châtelet) يراعيان في مختبرهما المجهز حسب موضة العصر . وفي كل هذه التجهيزات خرجت الكيمياء الحديثة بفضل جهود لافوازييه Lavoisier . ولم يقتصر الامر على الابحاث النظرية التي قام بها عليه القوم ، بل بذلت جهود من قبل الصناع والحرفيين لاقامة مدافئ تدفئ جيداً . ولكن هذا الانجاز القوي لم يكن سهل التحقيق . فقد جهد القوم في كيفية معالجته ، وفي السنة 1720 قامت تقنية (او علم حسب نمط العصر) هو علم الكامينولوجيا . فقد كان من الواجب دراسة انكساعات الاشعة الحرارية على القرميد او الرخام ، وكان من الواجب درس المجاري من اجل الحصول على دفق للهواء المساعد .

فلم يكتف بقياس قوة تصاعد الهواء الحار بسبب نجفته ، بل درست ايضاً الضغوطات التي تتزايد بتزايد الحرارة . وحول الاشتعال قدرت العلاقة بين الجسم المحروق والهواء الذي يرفع اللهب .

وهكذا تجمع حول ركن النار عدة علوم نشأت من الاهتمامات السائدة في ذلك العصر وكلها من اجل الرفاه في المعيشة. عدة علوم ؟ : قياس الحرارة ، ميزان الهواء ، ديناميك الغازات ، واكثر من ذلك الكيمياء التي انطلقت من ملاحظة الاشتعال .

ان عمل لافوازيه ، هو ابن العصر الفضي ، ابن العصر الذي يريد ان يعيش حياة رفاه ويريد التمتع بالحياة ، والتنعم بكل لذائذ الحياة في اوربا ، انه ابن العصر الذي ضلّ ، في « العلاجات الخطرة » الا انه بذل ايضاً التقدم في ارض اوربا .

وادي السعي وراء الرفاه الى اكتشافات علمية ، او على الاقل ، خلق مناخاً ساعد على هذه الاكتشافات. كما ساعد بصورة اولى في البحث عن الجماليات الجديدة. واكتشف هذا القرن المعادلات الرياضية المتعلقة بظواهر ذبذبة الاوتار والانابيب الصوتية . وهو ايضاً القرن الذي اوصل فيه موزارت Mozart الموسيقى لكي تنوع الجرس. فلم تبلغ الدراسات النظرية للسلم وللقواعد الموسيقية في وقت من الاوقات مثل هذا التعادل ، وخاصة انه حصل لدى مفكرين لا صلة بينهم ولا يقرأ احدهم الاخر . حب الرفاه ، والاهية ، والفنون ، كلها كانت محركات ودوافع للفكر على الابداع .

العلم والمجتمع - وبالمقابل ، كان الابتكار قوياً الى درجة لم يكن الا ليؤثر بدوره في المجتمع الذي يقوم به . ان معرفة افضل بالسهاء شجعت البحارة ، وبذات الوقت حلتهم على الاتيان باعمال شجاعة جديدة : ملاحظات يجب تحقيقها في البحار البعيدة ، حسابات خطوط الطول ، لقد كان علم الفلك على رأس التجارة البحرية وفي خدمة احتلال « الارض » من قبل الاوروبي الذي ابتدعه . وبصورة اكثر تواضعاً ، كم من التفصيلات الساذجة في الرياضيات او في الفيزياء ، كانت في اساس الالعاب والتحف الشائعة التي كان البعض يجمعونها في مكاتب ثمينة ارواء للفضول ، ويجمعونها شبه مختبرات ، تمارس ، في كل الاحوال ، على الذوق تأثيراً قوياً كالتأثير الذي سبق ولاحظناه والذي احدثته التواريخ الطبيعية على التزيين : ان العلوم هي في اساس الموضة . وبالطبع ، اذا كانت العلوم ، في القرن السابع عشر ، نظرية اكثر عما هي عملية ، اما في القرن الثامن عشر ، فالعلم تتضمن العديد من التطبيقات العملية . لقد سبق وأشرنا الى التطورات في صناعة الآلات الموسيقية (وقد بذلت جهود خاصة من أجل تحسين الكلافسان [معزف قيثاري] ومن أجل وضع البيانو القوي) . وفي العديد من مجالات الحرفيات أمكن الأخذ عن العلوم الجديدة : الصباغة ، التبييض ، الخيوط والنسيج ... الهيدروليك ، والآلات الحرارية ... لا شك أن العلوم كانت في طليعة التقدم الصناعي .

وفيما يخص هذا المظهر الأخير الذي هو مألوف لدينا اليوم ، من المهم أن نشير الى أن تأثير العلوم في « صناعة » القرن 18 ، لم يكن ، في اغلب الاحيان ، من فعل اعتماد اسلوب تخبري ناجز ومباشر ، في عملية الصنع (لا شك ان ذلك كان يمكن ان يحدث : صناعة ماء الكلور في معمل جافيل) ، ولكن ، بشكل اعم ، ان الامر يتعلق بتأثير عام جعل من بعض الحرفيين النخبة ، مجربين عارفين . بين هذا الشكل العالي من الحرفية وبين رجل العلم (الم يسم في فرنسا ايضاً بالفيلسوف ؟) ، لم يكن هناك

من فرق في الطبيعة . لا شك ان علم الفلك والرياضيات كان لهما من الماضي ذخيرة غنية جداً يستطيع ذوو الكفاءة ان يغرفوا منها . ولكن في الفيزياء والكيمياء وحتى في الطب كان الهواي المنور او الحرقي البارع اكثر فعالية من المتحذلق ، الكثير الاستشهاد بالاعلام ، والكثير المطالعة للبهذيان الذي مضى عليه الزمن .

ولكن العلاقات بين العلم والمجتمع ، بشكل خاص ، تغيرت بصورة جذرية ، ورسم التغيير الاجتماعي ، مسبقاً ، ما سيكون عليه حال المجتمع العلمي ، كلما تجلى في النظرية الاقتصادية . ان الليبرالية الاقتصادية ، التي ابرزها آدم سميث Adam Smith ، هي اكثر من مجمل من الافكار حول القانون الطبيعي الذي يتحكم بالظرف البشري ، انها مظهر معاش لفرضية سامية تتناول كيفية تصرف الطبيعة باكملها . انها تجعل من الفرد كياناً متماسكاً واسباباً ، كياناً مصيره الاستقرار او ان لم يجذبه جاذب الكسب والاستفادة الى نشاطات تترجم نتيجتها الاجمالية بعبارات الاحتمالات وبقوانين الاحصاء . ان رؤية نوع من التصور الذري للكون موجودة بشكل غامض في فكر اولئك الذين يلاحظون طريقة سلوك الناس في اوروبا .

فخلال الالف السنين انتجت البشرية العلم على انه ترف قليلاً يغير ظروف حياة الغالبية من الناس . في القرن التاسع عشر ، اخذ العلم يصيب كل الناس . في القرن 18 ، اعد التحول الاجتماعي هذا الانتقال الاساسي ، وذلك عندما كشف اي التحول عن صورة له شبيهة بالصورة التي سوف يكونها الناس عن الطبيعة كلها .

اننا ما نزال لا نعرف غاماً كيف ان تطور العمل الدماغي قد توصل ثم تجاوز هذه المرحلة التي توافقت فيها التجربة مع التحليل العقلي لكي يعطيا للعمل الفكري كامل فعاليته العملية . ولكنه من المقرر الثابت ، انه توجه لحظة في المرافقة الفردية يستطيع فيها العقل ان يحقق الكثير من النتائج السريعة التي كانت تعتمل ، في الطفولة ، بشكل تلمس غريزي ، وكذلك اصبحت البشرية الاروپية رايدة في القرن 18 ، وهذا هو السر الحقيقي لثورتها العلمية .

ولكن ماذا يعني سن الرشد بالنسبة الى المجموعة ؟ ان ذلك لا يعني انها تتمكن من انتاج مفكرين مبدعين : فهم دائماً كذلك . بل انه يعني انها انتجت وتنتج - ما دامت قد اغنتت هم وطلما ان نظامها الخاص اصبحت قريباً من نظام التفكير - عدداً كبيراً من العلماء يكفي لتكوين الكتلة اللازمة التي تجعل التطور الفكري الجماعي يتحول من عصر الى عصر ، من عصر ما قبل العلم الى العصر العلمي .

وعلى هذا يعبر فضول العصر وانماجه نحو ما يغيره عن نفلة في التطور الفكري الجماعي .

التربية العلمية - وهتا يبرز موضوع جديد هو موضوع التصاعد الاجتماعي . كان ستندال Stendhal بامكانه ايضاً الظن بان الاحمر والاسود ، اي السلاح والكهنوت كانا الوسيلة الاضمن لشق الطريق في المجتمع ، على الاقل بالنسبة الى الذين لم يولدوا في المراكز والبيئات العالية ؟

وعلى كل حال بعد اقل من قرن، أصبح بالامكان شق الطريق بواسطة المؤسسة الحرة، ثم عن طريق المدرسة، وعن طريق التفوق في الامتحان والنجاح العلمي، بشكل نبيل لا يحتاج الى مال. ولكن ما كان قد أصبح في المكتسبات، حوالي سنة 1880، كان قد اخذ يرتسم في القرن الثامن عشر تقريباً.

واصبح (أرويه) Arouet، فولتير Voltaire بفضل قلمه: وهذا لم يكن بالامر الجديد. وجان لورون Jean le Rond، أصبح دالمير بفضل عبقريته (وبفضل نفوذ سري)، وهذا امر اكثر غرابة.. ولكن الشيء الذي ميز هذا القرن هو صعود سلالات من العلماء امثال آل برنولي Bernoulli.

ولكن كيف يصبح المرء عالماً في هذا القرن قرن الانوار؟ لم تكن الدروس مجانية الا نادراً، والمدارس كانت قليلة، والجامعات لم تكن كما نعهدها اليوم، والثقافة الفضل، والتي نسميها اليوم عالية كانت تحصل بالمطالعة، او بفضل الاعتماد على معلم. كما حصل لابلاص Laplace حين احتضنه دالمير d'Alembert. ان هذا التلميذ هو اسلوب عائلي تقريباً، في ثقافة ظلت فردانية شخصية، غالباً ما ترتبط بالمصادفة، كما انه كانت موزعة بشكل غير عادل. فحظ الفلاح منها كان معدوماً. اما حظ القروي فضئيل. واما حظ صاحب الدكان فمحتمل، وان كان يمكننا بحيث يستطيع هذا الاخير ان ينافس احياناً، في مجال الثقافة ابن الغني او ابن النبيل، صاحب المعلم الخصوصي، الذي يستطيع التردد على الصالونات الادبية والاستماع في اللوامم او القيام بها.

ولكن اخيراً كان العلم مشرفاً، وحياناً كان لقاء اجسر. منذ قرن مضى كان العلم يتداول بالرسائل بين الاصدقاء الذين يعيش كل منهم من ماله الخاص او بمعونة من قبل كنيسة. اما في القرن الثامن عشر فقد اخذ العلم يصبح موضوع مهنة: واصبح العالم قادراً ان يعيش من فكره ومن قلمه. والقيمون على الجنائن لم يكن يطلب منهم برعاية جمال النباتات فقط بل دراستها، واصبح الفراس قادرين على الاكتشاف. واصبحت مدام بونبادور Pompadour تهتم بالصناع المهرة كما تهتم بالعلماء والفنانين او الكتاب. والصناع المحظوظون هم اولئك الطليحيون الاصلاء، في اجيال عديدة عملت للعلم التجريبي. في القرن الماضي كان المصورون يدفعون للرسمين المهرة او للرياضيين كي يرسوا لهم على لوحاتهم صوراً هندسية يمكن ان تكون هياكل لأشكال أو ألوان. في القرن الثامن عشر، انتقل هذا الذوق الى التلوين، ولكن الرياضيات انتشرت في الصناعة وحتى في التجارة. وتم اختراع الموازين. وانصب التفكير على مسننات الآلات، واختلوا بفكرهم في المخاطر وتأمينها، لان الاهتمام انصب على التطورات الديموغرافية السكانية.

تحديث العصر - اذا كان المجتمع الحديث يبدو لنا اكثر ميلاً الى التقنية وإلى الحساب، واذا كانت الخطوة المرمقة تبدو ضرورة، على صعيد الدولة، وعلى صعيد المشروع حتى الصغير اذا اراد ان ينجح، فان نشأة هذا المجتمع الحسابي، الا يمكن ان تعزى الى فويان [Vauban 1633 - 1707]؟

ففي «أعسر الملكي»، اراد به تطوير الدولة في مجملها، واحصاء عدد الرعية، وتوزيعها الى

طبقات ثم تتبع تطور الثروات. وهكذا بدأ القرن الثامن عشر برجل ويعمل يدل على انطلاقه من اجراء التجهيزات في ادارة الاقتصاد وفي ادارة المجتمع كما يقدمه لنا العالم المعاصر.

لا شك ان « العشر الملكي »، الذي قال به فوبان Vauban ظل غير مفهوم في عصره، وغير مفهوم حتى بعد قرنين، لان الليبراليين لم يروا فيه الا رغبة في المساواة الاجتماعية (لا ارادة في الحساب والتوقعات). رغبة كانت تهز عاطفتهم من اجل انتصار البرجوازية، وهذا امر قلما كان يفكر صاحب المشروع او قلما كان من مقترحات الكتاب. ان فوبان Vauban هو اقرب لان يكون جد الحسابيين المعاصرين الذين يحسبون الدخل القومي. ويجتمع القرن الثامن عشر لم يكن مهيباً لجهد يشمل هذه الفريدة، الا ان رجلاً عبقرياً استطاع ان يكشف ان التطور الاجتماعي يتجه ناحية بنية قائمة على الحساب والعدد.

ولم تعد الصالونات وحدها وكذلك الفنون الجميلة، والرفاه والاباء والفضول، والذوق، في القرن الثامن عشر هي دعائم التقدم العلمي. ان التقدم الاجتماعي بأكمله هو الذي يتحرك باتجاه العلم. فهل كان في القرون الماضية مثل هذه العلاقة الوثيقة بين العلم والمجتمع ؟ ان ذلك قليل الاحتمال. ان المكتسبات العلمية البطيئة والمخاطرة كانت تتراكم ببطء وبغير انتظام، وكانت احياناً تتلف تحت ضربات الحظ. وتناثرت المجتمعات، وفي اغلب الاحيان كانت تنزها المصائب والكوارث التي تتبلع الحضارات بحركتها المستمرة. وانطلاقاً من القرن الثامن عشر أصبح العلم مرتبطاً بسعادة الشعوب، وأصبح مصير الحضارات يتقرر في المختبرات.

عصر أوروبا - قلما تكلمنا الا عن أوروبا. فهل يجب الكلام عن القارات الاخرى ؟ ان البعثات التي ذهبت لتقيس خطوط الماهجرة ومراقبة ورصد النجوم في اميركا، وقيام اليسوعيين بإدارة « المحكمة » عكمة الرياضيات في الصين، هذان الحدثان هما عمل اوروبي لا اميركي ولا صيني، ولكن هذا بالضبط هو المهم : ان القرن الثامن عشر هو قرن أوروبا. وهو اوروبي اكثر من اي قرن آخر.

من المستحيل انكار الدور الضخم الذي لعبته القراءة الاسيوية في تطوير أوروبا ونموها قبل المسيح وفي الحقبة التي اصطلح على تسميتها بالقرن الوسطي. فخواغل آسيا الجنوبية، والسفن العربية في المحيط الهندي كانت تجلب، على مستويات الشرق الروائع التي اغتنت منها البندقية، وانبهرت بها أوروبا. كما اهتمت إيطاليا بذات الوقت، ثم بلدان الشمال الاوروبي بدراسة الكثير من هذه الأشياء المدهشة، والمستندات التي تغير المفاهيم. لقد استطاعت أوروبا، بحسن معرفتها الاستفادة، من العبقريات التي انجبتها اقدم الحضارات في العالم، ان تستولي على اميركا التي اغتنها بدورها، واكملت ثقافتها من القرن الخامس عشر الى القرن السابع عشر.

ولكن القرن الثامن عشر يعتبر بحق البداية الباهرة لسيادة أوروبا في مملكة الفكر. ويعد قرن من الزمن فجرت الولايات المتحدة واسيا الرومية هذا الامتياز الملكي لأوروبا. في القرن الثامن عشر، مهما

كان اعجاب الانسان الاوروي المثقف بالصيني المتحضر او بالمهندي الاحمر المتوحش الطيب، فانه اي هذا الاوروي كان يعرف ان ثقافته، وان تغذت بكل الثقافات الاخرى، هي السيدة عليها جميعاً . واذا كان من الممكن الكلام عن مشاركة في الثقافة أو في الأذواق والألوان ، فإن تفوق أوروبا في العلم لا جدال فيه ولا نقاش .

ذلك هو اذاً معنى القرن الثامن عشر، حيث نجد، بعد هذا التقديم القصير، الصورة التي ابتدأنا بها : ان أوروبا بعد ان استولت على العالم، اوجدت رهاقة في الحضارة، تحمل في ذاتها خيرة التقدم . ان هذا التقدم ليس تقدم الفكر فقط، بل تقدم متطلبات الرفاه والابهة وكذلك تقدم العقل.

كل هذه الاحتياجات والرغبات والاماني والبحوث اجتمعت في قلب العلم . والعلم بدوره غذى الرفاه والابهة والعقل ايضاً . وفي هذه الحركة التبادلية الدائمة بين جسد الانسان وفكره يكمن المحرك من اجل تقدم جديد اجتماعي اداته الاساسية الاولى هي التربية والتثقيف . هذا التقدم في الاداب وفي العلوم وفي المجتمع وفي التربية، والذي اخذته أوروبا عن العالم، اخذت تقدمه للعالم .

الكتاب الأول :
العلوم النظرية

الفصل الأول :

ازدهار التحليل وتجديد الهندسة

انه حقبة تنسيق وإنجاز وتنمية وتطبيق ، ذلك هو القرن 18 . وبدأ بالانتاج المسرف ، الناتج عن المزاومة الشديدة التي قامت بين المدرسة البريطانية النيوتنية ، وبين تلامذة لينينز من سكان القارة الأوروبية . وبلغ القرن ذروته مع إنتاج أولر Euler ودالمبير d'Alembert . وأوائل أعمال لاغرانج ، وانتهى مع الثورة الفرنسية ونشر الكتب الكبرى للمدرسة باريس : لاغرانج Lagrange لابلاس Laplace ، مونغ Legendre ، ليجاندر Lacroix ولاكروا Lacroix .

المدرسة البريطانية والمدارس القارية . ساد نيوتن Newton وتلامذته في بريطانيا في مطلع القرن : وازدهرت المراكز التعليمية والبحوث في كمبريدج ، وأكسفورد ، ولندن ، وغلاسكو ، وادنبره ، بقيادة نيوتن نفسه ثم رن Wren ثم هالي ، Halley وكذلك أيضاً بفضل الجليل اللاحق الممتاز ، جيل دافيد غريغوري ، وإبراهيم موفر ، وروجر كوت ، ونقولا سوندرسن ، ويروك تايلور ، وروبير سمسون ، وبجيمس سترلن . ولكن خصوع هذا القرن والتفقد بالتراث النيوتني ، سوف يجعل المدرسة البريطانية إلى الزوال ، ذلك ان هذه المدرسة فقدت كل حيوية في النصف الثاني من القرن .

وفي القارة الأوروبية ، حصل عكس ذلك ، فقد خلف عصر الأنوار العديد من الأعمال القيمة التي تسالت بوتيرة سريعة ، هذه الأعمال التي طورت المكتسبات الكبرى التي حصلت في القرن السابق ، كما وسعت بشكل ضخم مجال عمل الرياضيات وفعاليتها . وفي القسم الأخير من القرن السابع عشر ، وفي مطلع القرن الثامن عشر حمل المشعل لينينز Leibniz وتلامذته الأولون والأخوان جان وياك برنولي Jean et Jacques Bernoulli من مدينة « بال » والفرنسي غليوم دي لوبيتال Guillaume de L'Hôpital .

وتجمعت للمدرسة الفرنسية حول الاكاديمية الملكية للعلوم ، ولم تعرف في بادئ الامر شهرة واسعة . ولكنها أخذت تبرز بحق مع جيل مويرتوي Maupertuis ، وكليرو Clairaut ، ودالمبير ، الذي كرس انتصارات الفيزياء النيوتونية والحساب اللينيني Leibnizien بشكل متوازن . وبتأثير دالمبير والانسكلوبيديا ، انجذبت المدرسة الفرنسية أكثر فأكثر وضوحاً نحو حزب الفلاسفة . والمقام الضخم

الذي اكتسبه في آخر القرن قام على التوافق الاستثنائي بين شخصيات بارزة جداً مثل لا غرانج ، ولابلاس ، وليجاندر ، ومونج ، وبين استعمال اللغة الفرنسية بشكل شائع جداً من قبل كل الرياضيين في القارة ، ثم انتشار عقائد الايمان بالتقدم الاجتماعي والإصلاح السياسي انتشاراً واسعاً جداً . وقد عوض النقص البارز في التعليم العلمي في الجامعات الفرنسية ، تعويضاً جزئياً ، في النصف الثاني من القرن ، بإنشاء المدارس العسكرية والتقنية ذات المستوى العالي .

كما ان الحياة العلمية الفرنسية قد بعثت فيها الحياة بفضل المنافسة الخلاقة . التي اقامتها الأكاديميات الريفية العديدة ، ويشكل خاص الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس ، والتي كانت مسابقاتها السنوية ، تتنازعها اعظم العلماء من أوروبا كلها ، وهو أمر بدأ في تلك الحقبة من الحكم الاستبدادي المستبر كمثل وكنموذج سعى الملوك على اختلافهم إلى تقليده .

وهذا الشأن ، وعلى موازاة البعثات الجغرافية والفلكية ، التي موها الملوك ، قام العديد من هؤلاء يشجعون تأسس الأكاديميات الوطنية ومراكز البحوث والتعليم ، المزودة بالمجلات العلمية الأنيقة التي مكنت العلماء من العمل ضمن ظروف مادية ملائمة نسبياً . وكان هذا شأن برومبا مثلاً حيث جهد الملك فريدريك الثاني ، منذ تبوته العرش 1740 ، ان يبعث الحياة في أكاديمية برلين التي أسست على يد لينينز سنة 1700 ، ولكنها حتى ذلك التاريخ لم تكن تزال إلا نشاطاً ضئيلاً . ونجح في استجلاب موبرتوي وأولر (من 1741 إلى 1766) ، ولا غرانج (من 1766 إلى 1787) . ولامبير Lambert (من 1765 إلى 1777) ، الخ ، وفضل هذه السياسة القائمة على استيراد البعيريات عرفت أكاديمية برلين حقبة من الازدهار توقفت بموت فريدريك الثاني سنة 1786 . إلا أن إنشاء جامعة حديثة في غوتنجن سنة 1737 أعطى ألمانيا الشروط . لتجديد أصيل برز بيهاء في أواخر القرن بفضل أعمال غوس Gauss الأولى .

وفي روسيا . أنشأ بطرس الأكبر أكاديمية سان بطرس برج (1724) واستجلب لها العديد من علماء بال ، ودانيل ونقولا برنولي ، وج . هيرمن ، وانضم إليها أولر سنة (1727) . وبقي الرياضي الكبير في سان بطرس برج حتى سنة (1741) ثم عاد إليها أيام كاترين الثانية وبقي فيها من 1766 حتى وفاته 1783 ، مساهماً في خلق مركز فكري لامع وجديد .

وعرفت البلدان الأخرى من أوروبا نشاطاً علمياً أقل .

ورغم المقام الجدير الذي نالته جامعات البلدان المنخفضة ، لم يهتم هذا البلد إلا بالعلوم التجريبية متخلياً عن البحث النظري ، أما سويسرا فعرفت مركزين شهيرين : جنيف وبال ، وخاصة بال التي كانت مربية العلماء الذين ، من أمثال برنولي وهيرمن وأولر الخ ، آمنوا أنجلة الرياضيات في قسم من أوروبا . واحتفظت إيطاليا بتعليم ذي قيمة ولكن رغم النبوغ ، قصر علماءها من أمثال ميشال مانفريد Michell Manfredi ، وآل ريكاتي Les Riccati ، وغيبودو غراندي Guido Grandi ، ومالفاتي Malfatti ، وحتى فاكنتانو Fagnano وروفييني Ruffini ، et

كل هؤلاء قصروا عن إدراك مستوى سابقهم من القرن العظيم . نشير إلى ان إيطاليا عرفت أول أستاذة جامعية في الرياضيات ، هي ماريا غاتانا أنجيزي Maria Gaetana (1718 — 1799) وألفت هذه كتاباً مشهوراً في الحساب اللامتناهي الصغر ترجم إلى الفرنسية وإلى الإنكليزية ، وتبعت اسبانيا والبرتغال والدول الاسكندنافية ودول أوروبا الوسطى ، مسار التقدم . إلا أنها لم تساهم بشكل فعال .

الموقف الاجتماعي ونشاطات العالم الرياضي : في حين عرف القرن السابع عشر نجاح العديد من الرياضيين الهواة ، اقتصر ما قلده القرن الثامن عشر على أعمال العلماء المتخصصين ، كآساتلن الجامعات البريطانية والإيطالية والسويسرية ، وأعضاء الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس ، والرياضيين الجوالين الذين جذبتهم برلين وسبان بطرس برغ بفعل سياسة الأبهة التي اتبعها الملوك المنتورون .

ولم يقتصر الرياضيون في القرن الثامن عشر ، متجاوزين بذلك القرن الماضي ، على البحث النظري فقط . كان أولر يهتم أيضاً بالموسيقى مثل اهتمامه بالبصريات ونظرية السفينة . ودالمير كان فيلسوفاً وأديباً واعتنى بالموسيقى وبالميكانيك التطبيقية ويعلم الفلك وشارك مشاركة مهمة في صياغة الانسيكلوبيدي . أما لابلاس الذي كان يقوم بأن واحد ببحوث في الرياضيات الخالصة ، وبالميكانيك السماوي ، وحساب الاحتمالات ، فمع ذلك حرر مع لافوازييه Lavoisier ، مذكرة أساسية حول نظرية الحرارة . إن عصر الأنوار هو بذات الوقت عصر الانسيكلوبيديا . وإذا كان بوفون Buffon ، وريومور Réaumur ، قد بدأ حياتهما بأعمال في الرياضيات ، فإن الرياضيين أمثال مونج وليجاندر ومسنيه ولاپلاس ، قد وقعوا في سنة 1785 المحضر المعائد إلى تجربة لافوازييه بشأن تركيب الماء . إنها مسألة ذوق ، ربما ، ولكنها أيضاً ، مقتضيات العمل الأكاديمي الذي يوجب العمل المشترك ، وتوجه عملي من توجهات المسابقات التي كانت تحدث كثيراً وكانت مرغوبة جداً ، وكانت تنظمها الأكاديميات الرئيسية .

هذا الاستعراض الشامل والموجز ينير قليلاً العرض الذي يتناول المساهمات الرئيسية خلال القرن الثامن عشر ، في مجال الرياضيات . وهذه الدراسة ، التقنية بحكم الضرورة ، سوف تقتصر مع ذلك على المراحل الأساسية وعلى المساهمات الأكثر أهمية ، وسوف نجبرنا الصعوبة المتزايدة في المواضيع المدروسة على اختصار الشروحات الدقيقة جداً ، وعلى الانتقاء القاسي . إن التصنيف بحسب المواد ، والضروري لفهم كل فرع ، يجب ان لا ينسنا على كل حال ، بأن أكثر الرياضيين في القرن الثامن عشر كانوا يستطيعون الاهتمام بمجمل حقولهم .

I - تطور التحليل اللامتناهي الصغر

1 . التلامذة المباشرون عند ليبنيذ ونيوتن Leibniz-Newton

بدايات الحساب الجليد فوق القارة الأوروبية..ان أول مذكرة خصصها لينيذ للحساب الجديد

نشرت سنة 1684 في : «اكتا ايريدوتوم» في ليزينغ . وقد مرت غير ملحوظة إلا من قبل الألماني ي. و. فون تشيرنهوس ، E.W. Von tschirnhaus ، الذي صحح فيها بعض الأغلط ، ومن قبل بريطاني ج. وليس J.Wallis وج. كريغ J.Craig وعين جاك برنولي Jacques Bernoulli أستاذاً في جامعة بال سنة 1687 ، فتخصص في حسابات ليزينغ وأصبح داعية ناشطة لها . وفي سنة 1690 ، علم أخاه جان علمها . وتولى هذا بدوره ، أثناء إقامته في باريس في سنة 1690 - 1691 . التعريف بالمناهج الليبنيزية في محيط مالبرنشي Malebranche ، ثم تولى فيها بعد اعطاء الدروس للماركييز دي لوييتال وحزر باسمه كتاباً في الحساب التفاضلي والتكاملي استعمل القسم الأول منه كأساس « لتحليل النهايات البصر » الذي وضعه ج. دي لوييتال .

وسرعان ما فهم التلامذة الأولون لليبنيز كتابه : « اكتا ايريدوتوم » حيث نشر ليزينغ القسم الأكبر من مذكراته . وحاول هؤلاء التلامذة ، وقد تحمسوا وأخذوا بقوة الحساب الجديد ، ان يطوروا مبادئه وأساليبه ، وان يحلوا العديد من المسائل التطبيقية التي تعرض عليهم . ولكن جو المنافسة الشريفة الذي كان سائداً في البداية ، تحول بصورة تدريجية نحو مناخ من المزاحمة المرة ، فحاول كل منهم أن يحل كل المسائل المروضة وان ينشر مسائل جديدة من شأنها أن تعجز العلماء الآخرين .

إلا أن العديد من النتائج قد حصل ، وهذه المسائل ، وإن لم تكن منظمة ، ساعدت في توسيع النقاش وفي تسريع سير التقدم . وسرعان ما فتحت « جريدة العلماء » في باريس ، منبرها لتلامذة ليزينغ . في حين ، في انكلترا اتاحت « المبادئ الفلسفية » لتلامذة نيوتن ، وقد أثارت حميتهم . نجاحات الجيومترين في القارة الأوروبية ، السبيل إلى التدخل في المناقشات .

وحل جاك برنولي ، الذي عالج ، منذ 1689 ، مسائل مهمة حول السلاسل ، حل في السنة التالية مسألة الخط المتساوي الديومة Isochrone الذي وضعه ليزينغ سنة 1686 . وبذات الوقت اقترح البحث في التسلسلية ، وهي مسألة حلها هويجن وليبنيز وجان برنولي ، قبل ان يوسعها هو نفسه لتشمل حالة المنحني غير المتناسق ، ثم شكل الشراع القابل للانطواء والمفوخ من قبل الهواء . وفي سنة 1619 بينما كان ليزينغ ينشر دراسة ترنيح المخروطات ، حدد جاك برنولي ممارسات الخطوط الحلزونية البيضاوية واللوغاريتمية ، وكذلك . المسامات ، ذات السير المنحرف ، وحقق ترنيح وتصويب هذه المنحنيات . وفي هذه السنة بالذات حدد جان برنولي المسامات والمنحنيات ، وأشعة منحنيات العديد من السطوح المعوجة ، وقدم أحد أول الأمثلة في استعمال الاحداثيات (Coordonées) القطبية (التي سبق لنيوتن ان ادخلها في المبادئ ، وفيها بعد عالج أخوه مختلف الخطوط المنحنية : السطوح الضوئية البؤرية (كوسميتك) ، الخطوط المنحنية بفعل الدوران ، المنحني المطاطي ، تحت الدويرية (هيبوسيكلويد) ، الخ . أما ليزينغ فحدد غلاف أسيرة من المنحنيات ذات الوسيط (او المسافة بين مركز الخط المنحني ونقط تحركه) وقدم ، تحت شكل جديد ، نظرية للمتطورات والمطورات . وهناك العديد من المسائل في الجيومتريا اللامتناهية الصغر ، وفي الميكانيك ، وفي الحساب التكاملي ، قد عولجت بالتالي بمناسبة التحديات ، المتكاثرة التي تتالت في الصحافة الدولية . ونشير بشكل خاص إلى

الموضوع المشهور ، في الجيومتريا اللامتناهية المقترح ، في سنة 1692 ، من قبل فيفياني Viviani ، وكذلك مسألة منحى النزول الأسرع (براشي ستوكرون) . وعالج لينيز هذه المسألة الأخيرة كمسألة قصوى راداً إليها إلى التبيين الذي أقامه فرمات Fermat ، بالنسبة إلى قانون الانكسار الضوئي . وهناك مسألة أخرى مسألة المحيط المتجاذى : وقد كرست هذه المسألة علناً الخلاف بين الأخوين برنولي . ولكنها أتاحت لجاك برنولي أن يضع أسس الطريقة الأولى لحساب التغيرات . والحل الذي أعطاه لهذه المسألة ، سنة 1701 ، حُسنٌ فيها بعد من قبل تايلور وجان برنولي وأولر . نشر أيضاً إلى حل مسألة المسارات المستقيمة أو العمودية الزوايا ، وتحديد الخطوط الأقصر بين نقطتين ضمن بعض البسطوح .

المصاعب الأولى : أتاح قيام المركز دي لويتال ، سنة 1696 ، بنشر كتابه « تحليل المتناهيات الصغر » نشر المبادئ والطرق العملية بالحساب الجديد . إلا أنه ، في حين أن كل المصاعب المنطقية التي أثارها تدخل العمليات اللامتناهية ، لم تجد حلولاً ، عملت الرغبة بالاستمرار في الطريق المجدي ، طريق التطبيقات العملية ، على إبعاد الجيومترين عن هذه المسائل الأساسية .

لا شك أنه قد قامت عدة محاولات توضيحية ، وعلى عدة دفعات ، ولكنها لم تستطع تخفيف الأذى الناتج عن المهاجمات التي قام بها المناطقة ضد مبادئ الحساب الجديد . إلا أن نقص الجدارة البادي لدى معارضيه الجيومترين في القرن الثامن عشر ، فيما خص مسائل التقنية الرياضية بالذات ، والثقة العظيمة لدى هؤلاء الجيومترين المشغولين قبل كل شيء بالفعالية والتنفيذ ، كل ذلك يفسر احتقارهم لمسائل التعت المنطقي الذي سوف يضايق في القرن التاسع عشر كلاً من كوشي Cauchy ، وبولزانو Bolzano ، وأبيل Abel .

ومنذ 1694 و 1695 حكم الهولندي ب. نيونتيت B. Nieuwentijt ، بالغموض وبالخطورة على طرق بارو Barrow ، ونيوتن Newton ، ولينيز Leibniz . وكان جواب هذا الأخير ، جواب ضيق في الواقع ، ويدل على نوع من التردد بشأن طبيعة التفاضليات : واستبعد النقاش سنة 1700 ، وذلك عندما هوجم كتاب دي لويتال ، للدافع عنه من قبل نلريون وسورين Narignon et Saurin ، هجوماً عنيفاً من قبل الديكارتيين في أكاديمية علوم باريس . وكرس تراجع اعظم المعارضين ، وهو الجبري ميشال رول Michel Rolle ، النصر النهائي للحساب الجديد في فرنسا ، نصراً ساعد على تخفيفه ، نشر كتاب « طريقة قياس السطوح » لمؤلفه كاري (باريس 1700) وكتاب « التحليل المين » لمؤلفه رينو (مجلدان ، باريس ، 1708) .

النزاع حول الأفضلية : ولكن في ذلك الحين كان على التحليل الجديد أن يفرض معركة قاسية هي النزاع حول الأسبقية والذي قام بين أنصار لينيز ، وأنصار نيوتن وشكل حدثاً مؤثراً كانت له عواقب مؤسفة بشكل خاص .

فبعد 1685 ، وبعد نشر المذكرة الأولى للينيز بقليل ، أعلن ج. وليس وج. كريغ أن هذه الرسالة مستوحاة مباشرة من أعمال بارو ومن أعمال نيوتن . وعاد الجيومترى السويسري ن. فاتيو دي

دولي N. Fatio de duiller الاهتمام في مجاله الخاصة أولاً ثم علناً في سنة 1699. ورد لينييز دون أن يشير إلى نيوتن بصورة مباشرة. وعلى كل قام هذا الأخير في سنة 1704 ونشر (كملحق لكتابه أوبتيكا)، رسالة عنوانها: «تراكتاتوس كوادرا تورا كورفاروم» وكانت هذه الرسالة قد كتبت سنة 1693، بقصد تجميع الأقسام الرياضية من كتاب «المبادئ» بشكل منهجي. ونخت حدة الخلاف بعض الوقت، ثم اندلعت من جديد في سنة 1708، عندما اتهم احد تلامذة نيوتن، جون كيل John Keil لينييز، علناً بالسرقة. وبعد الاحتجاج، لم يتراجع كيل بل زاد في اتهاماته. وعندها طلب لينييز تحكيم نيوتن، والجمعية الملكية، فكلفت هذه الأخيرة لجنة لجمع المستندات المتعلقة بهذه القضية وتنظيم تقرير مفصل.

ونشر هذا التقرير «كومرسيوم ابيستوليكوم» سنة 1712، وأعيد نشره عدة مرات. ويفهم منه أن لينييز لم يضع «حسابه» إلا بعد أن اطلع على تفاصيل واضحة حول حساب التفاضل النيوتني. وانزعج لينييز من التقرير خصوصاً لأنه لم يؤخذ رأيه ولا شهادته في الموضوع، وساعد الجدل غير المباشر، المرير الثقيل، الذي نتج عن الأمر بين مؤلفي الحساب اللاتماهي، ساعد على توسيع الهوة التي عزلت طيلة قرن تقريباً الرياضيين الانكليز من علماء القارة. واستمر الخلاف بفعل نشر الكتاب المنحاز «تاريخ التفاضل» لرافسون Raphson (لندن 1715) حتى إلى ما بعد موت لينييز (1716). وظل الأمر كذلك حتى القرن التاسع عشر، عندما بينت مستندات جديدة اكتشفت أن المستندات «الدائمة» التي نشرها التقرير كومرسيوم ابيستوليكوم، لم تكن في حوزة لينييز، وبالتالي فإن اتهامه بالسرقة لم يكن صحيحاً.

جهود المحللين الانكليز: وكان انتشار طريقة التفاضل أو التدفقات أبطأ من انتشار تحليل لينييز. واحد أسباب هذا التأخر هو النشر المتأخر جداً «لمحاولات» نيوتن، وهي محاولات، فضلاً عن مبادئ طريقة التفاضل ونظرية السلاسل، عابجت حل المعادلات التفاضلية، ومسائل الجيومترية اللاتماهي، ومسائل الميكانيك والجبر. فضلاً عن ذلك دلت الكتب حول حساب التفاضلات المنشورة من قبل ش. هيس Ch. Hayes (1704) وه. ديتسون H. Dutton (1706) Ditten وج. هودسون J. Hodgson (1736)، وت. سيمپسون Th. Simpson (1737)، وس. ماكلورين C. Maclaurin (1742)، وج. روي J. Rowe (1751)، ون. سوندرسون N. Saunderson (1751)، دلت هذه الكتب على الاهتمام المتحيز الذي وجهه العلماء البريطانيون نحو طرق نيوتن ورمزيته.

في هذه الأثناء، خلف نيوتن بعض التلامذة العظام. ومن أعظمهم روجر كوت Roger cotes. (1682 — 1716) الذي تولى الطبعة الثانية من كتاب المبادئ (1713)، ورسائله (هرمونيا منسوراوم)، نشرت بعد موته (1722) وتضمنت نتائج مهمة حول جنور الوحدة وحول تكامل الكسور الصماء وحول نظرية التفاضلات، فضلاً عن عدة مسائل في الجيومترية اللاتماهي.

ويدين بروك تايلور (1685 – 1731) Brook Taylor بشهرته الى المعادلة التي تحمل اسمه والتي تقدم شرحاً للدالة $f(x)$ ذات القيمة $(x + h)$ بالنسبة إلى المتغير المستقل القريب من قيمة x :

$$f(x + h) = f(x) + hf'(x) + (h^2/2)f''(x) + (h^3/3!)f'''(x) + \dots$$

والتي ظهرت في كتابه الرئيسي : ميتودس انكريمينتوروم... (لندن 1715) - وحالة $x = 0$ الخاصة والمعروفة باسم مكلورين الذي اعاد اكتشافها سنة 1742 ، بعد أن كان تايلور Taylor قد أشار إليها ، ثم عبر عنها سترلن Stirling ، سنة 1717 . إلا أن تبني تايلور كان ناقصاً لأنه لم يحسب حساباً لتلافي السلسلة . وأهمية هذا التطور لم تعرف إلا سنة 1772 بفضل لاغرانج . وبينها الأول الصحيح أعطي سنة 1823 من قبل كوشي Cauchy . ادخل تايلور في كتابه أيضاً حساب الفروقات المنتهية ، وأطلق تحديد الحلول الفريدة للمعادلات التفاضلية ، وعمق دراسة التغيرات في المتغير المستقل ، (وهي تغيرات استعمالها أيضاً نيوتن وبعض تلامذة ليبنيذ) . وقد عالج أخيراً أحد أوائل الأمثلة في مسائل الفيزياء الرياضية ، وهي تحديد تردد الذبذبات وتحديد شكل الوتر المتذبذب بعد معرفة طوله ووزنه وشده . ويستحق إبراهيم دي موافر Abraham de Moivre ، وج. سترلن Stirling . J المذكور أيضاً بالنسبة إلى أعمالها حول نظرية المتابعات والمتسلسلات .

إلا أن نظرية التفاضل أو التندقات تطورت دون الالتفات الكافي إلى مبادئ الحساب الجديد . وكانت هناك ردة فعل ملائمة سنة 1734 ، عند نشر مقال انتقادي بعنوان « اناليس » . . . وفيه ينتقد الفيلسوف الشهير المثالي جورج بركلي George Berkeley ، وهو يعترف بجذوى التحليل الجديد ، الضعف المنطقي في أساليب التقديم للعتاة ، وبخاصة الاستعمال الكثير لعملية الاستقراء (الانطلاق من الجزئي إلى الكلي) . وكان لهذه الانتقادات صدى كبير ، ونوقشت الردود الأولى ، وبخاصة ردود جيمس جورين James Jurin ، وردها بركلي Berkeley بسهولة ، ولكن ب. روبنس B. Robins وهـ. بنبرتون H. Pemberton حسناً فيها . وساعدت هذه المناقشات في توضيح بعض أسس الحساب التفاضلي ، وطريقة الحدود ، كما حضرت المؤلفين على الانتباه لمسائل المنطق . واعتبرت « رسالة التفاضل » التي نشرها سنة 1742 مكلورين Maclaurin ، معلماً يدل على مرحلة مهمة في هذا السبيل . إلا أن هذه الرسالة ، بتخليها عن الأساليب التحليلية لصالح الطرق الجيومترية والميكانيكية ، وجهت الرياضيات البريطانية في طريق قليل الخصوبة . وقد حاول جون لاندن John landen (رزديال انا ليزس 1764) أن يركز « الحساب » على مبادئ يقبلها الجميع في الجبر وفي الجيومتريا « بدون اللجوء إلى أي مبدأ اجنبي مركّز على حركة خيالية أو على اللامتناهيات غير المفهومة » .

ولكن للأسف لم تنجح هذه المحاولة المركّزة على تصور غير دقيق لمفهوم الحد ، وأصبح من الواجب الانتظار حتى سنة 1820 لكي يعود التحليل الانكليزي إلى حيوته ، بفضل العودة إلى الكتب المستوحاة مباشرة من طرق ومن ملاحظات وضعتها القارة الأوروبية .

2 - توسيع التحليل وتطبيقاته

بعد البدايات الحصرية ، وغير المنظمة نوعاً ما ، للحساب الجديد ، عرفت القارة مرحلة نمو أكثر هدوءاً ، بخلافها انتشرت المكتسبات السابقة وتنظمت ، وبذات الوقت نشأت فروع جديدة للتحليل وتطبيقاته .

الصناع الجلد : لحظ موت ماكلورين في سنة 1746 ، وموت جان برنولي سنة 1748 ، زوال التلامذة الأخيرين المباشرين لنيوتن ولبييز . في هذه الحقبة أصبح تقدم التحليل بين يدي جيل جديد ، جيل دانيال برنولي (1700 — 1782) وأولر (1707 — 1783) وكليرو (1713 — 1765) Clairaut ، وللمير (1717 — 1783) أكمله باستمرار جيل لاغرانج (1736 — 1813) وصونج (1746 — 1818) ولاپلاس (1749 — 1827) وليجاندر Legendre (1752 — 1833) الذي وصل بين القرن 18 والقرن اللاحق . وكان هناك اسمان اسم أولر ولاغرانج ، يسيطران على هذه الكوكبة الرائعة . بعد أن درس أولر تحت رعاية جان برنولي ، ترك مدينة ولادته بال ، وعمره عشرون سنة واشتغل في سان بطرس برغ من 1721 إلى 1741 ، ثم في برلين في أكاديمية فريدريك الثاني واستدعته أخيراً كاترين الثانية سنة 1766 ، فأقصى السنوات الأخيرة من حياته في أكاديمية سان بطرس برغ . وكرس نفسه للعمل العلمي ، فجمع مجموعة ذات غنى استثنائي . وكانت مجموعته « اوربومينا » أثناء الطبع ، وشكلت حوالي 69 مجلداً قطع الربع . وجمعت حوالي 900 عمل شخصي للرياضيات والبصريات والفلك والعلم البحري ونظرية التأمينات الخ . . وعدا عن كتابه : رسائل إلى أميرة المانية (طبعة أولى بالروسية سنة 1768) وهو كتاب تبسيطي ترجم إلى عشر لغات ولاقى انتشاراً ضخماً ، عرفت كتبه الرياضية الخالصة نجاحاً كبيراً ، ولعبت دوراً أولياً في التنسيق بين مختلف فروع التحليل ، وفي تكوين عدة أجيال من الرياضيين وكان أشهر هذه الكتب : « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » ، مجلدان لوزان 1748 . وترجم هذا الكتاب إلى الفرنسية والألمانية وأصبح كتاباً كلاسيكياً بسرعة وقد خصص مجلده الأول للدراسة الدالات عموماً والدالات الاسية واللوغاريتم وعلم المثلثات بشكل خاص ، وللتطور التسلسلي ثم للحل المقارب للمعادلات وللعديد من المسائل المتعلقة بنظرية الأعداد . وعالج للمجلد الثاني الدراسة التحليلية للسطوح المنحنية والمساحات .

هذا الكتاب العظيم بوضوحه وورغته في التوليف بين المعارف المتنوعة تضمن العديد من النتائج الجديدة المهمة . وفي مجال الحساب اللامتناهي . نشر أولر كتاباً مهمة : قواعد الحساب التفاضلي 1755 ، قواعد الحساب التكاملي . (3 مجلدات 1768 — 1770) ضمها كل النتائج المترامية في هذا المجال الواسع ، مضيفاً إليها العديد من المساهمات الشخصية ولم تستبدل هذه الكتب إلا في أواخر القرن يكتب لاغرانج ويكتب الحساب التفاضلي والحساب التكاملي اللذين وضعهما س . ف . لاكروا (مجلدان ، باريس ، 1797 — 1800 ، ط2، مجلدات ، 1810 — 1819) .

ولد لاغرانج في تورينو 1736 . وبرز باكراً كرياضي متفوق . وكان في بادئ الأمر استاذاً في

مدرسة المدفعية في تورينو سنة 1766، وبناءً على توصية دالمير وأولر، خلف هذا الأخير في أكاديمية فريدريك الثاني في برلين. وفي سنة 1787، وبعد موت العاهل، قبل دعوة لويس السادس عشر وذهب إلى باريس حيث استقر بصورة نهائية. وفي سنة 1788 نشر كتابه الأول الكبير «الميكانيك التحليلي»، وطبعه طبعة ثانية، قسم منه بعد وفاته (مجلدان باريس 1813). وعلم في مدرسة دار المعلمين من السنة الثالثة ثم في مدرسة بوليتكنيك. وكون العديد من التلامذة، واستخرج من تعليمه مادة عدة كتب: نظرية الدالات التحليلية (1797)، ثم كتاب حل المعادلات العددية 1898، ثم دروس في حساب الدالات 1799. وعينه نابوليون الذي كان معجباً بعبقريته شيخاً ثم كونت. وظل لأخراجه حتى وفاته سنة 1813 يمارس تأثيره العميق على المدرسة الرياضية الفرنسية الناشئة. وكانت مؤلفاته الأقل عدداً وانتشاراً من مؤلفات أولر، تعادل هذه الأخيرة من حيث تنوعها وأهميتها. وكانت مذكراته وكتبه أي كتب لأخراجه بمذكراته، رائعة من حيث وضوحها وناقشتها. وكانت تتضمن كلها نتائج مهمة وأصلية وتعرض الطرق التي تمجد في الغالب، المواضيع المدروسة

أما مقدمات المحللين الآخرين في تلك الحقبة، وإن كانت قيمتها لاينازع بها، إلا أنها قد «كسفت» هذين العاملين الضخمين. وبعض هؤلاء المحللين، مثل دانيال برنولي، كليرو ودالمير. ولاندن وأوليغندر، لم يتموا إلا ببعض نواحي التحليل، وكان هناك آخرون يرون التحليل كتابع متمم لبحوث أخرى: علم الفلك وعلم الاحتمالات، في نظر لابلاس، أو الجيومتريا اللامتناهية في نظر مونج. وربما كان دالمير وحده هو الذي عالج بكفاءة، مسائل تتعلق بمختلف فروع التحليل. ولكن إنتاجه الرياضي تأثر بفعل نشاطه في المجالات الأخرى وربما كان معادلاً لأولر، إلا أنه فضل أن يساهم مساهمة ناشطة في كتابة الانسيكلويديا، وفي تطوير الحركة الفلسفية.

المعادلات التفاضلية: إن المسائل المتنوعة التي تعرض لها مؤسسو الحساب اللامتناهية وتلاميذهم، جعلتهم جميعاً على اتصال مع العديد من نماذج المعادلات التفاضلية، سعياً وراء حلها، بوسائل خاصة في أغلب الأحيان. في هذه الأثناء، وبمقدار ما كانت النتائج تتجمع، والملاحظات تتوضح، وضعت قواعد عامة موضع التوضيح، قواعد كان علماء القرن الثامن عشر قد وسعوها ووضحوا شروط استعمالها. ودرست نماذج جديدة من المعادلات، هكذا، بشكل منهجي متزايد، في ذات الوقت تم التثبت من بعض المصاعب. وتكون الدرس الكلاسيكي للمعادلات التفاضلية، أثناء هذه الحقبة، دون أن تتوضح، في كل حال شروط وجود الحلول. ومنذ 1691 استعان جان برنولي بعامل تكاملي في حل معادلة تفاضلية. ووضع أولر نظرية حول هذا العامل، مستخدماً معايير التكاملية، المدروسة من قبل كليرو وفونتين ومن قبله هو نفسه. واستعملت بشكل واسع طريقة تغير الثوابت، التي سبق واستعملها جان برنولي سنة 1693. أما للمعادلات التفاضلية الخطية ذات المتبايلات الثابتة فقد كاملها أولر سنة 1750. وفي سنة 1724 اقترح ج. ف. ريكاتي J. F. Riccati، المعادلة الشهيرة: $Y' = f(x) + Yg(x) + Y^2 h(x)$ وحلها بواسطة بعض الحالات الخاصة، فضلاً عن ذلك بين دالمير كيف يمكن حل بعض المعادلات التفاضلية بواسطة نظام معاد أو

مساوي . ووجود حلول فريدة ، وهو وجود قال به تايلور ، تأكد وثبت من قبل كليرو الذي استخدم ، وفقاً لمثل المعادلة التفاضلية التي تحمل اسمه ، طريقة تفاضل أو تفريق المعادلة الأساسية . وتمت العودة إلى دراسة الحلول الفريدة من قبل أولر ولابلاس ولاغرانج ومونج الذين وضّحوا غالبية المصاعب . نشير أيضاً إلى إدخال أولر السلاسل فوق الجيومترية - بعد أن ربط بها جميع حل المعادلة التفاضلية الخطوطية من المرتبة الثانية - وتختلف أنماط الدالات مثل دالات $B(x,y)$ ودالة (x) ، الخ

اما المعادلات ذات التفاضليات الشاملة فقد درسها بشكل خاص أولر ولاغرانج . ووضح مونج ¹ Monge المعنى الجيومترى لتفاضليات هذه المعادلات التي لا يتوفّر فيها شرط التكاملية مستقباً بالتالي بحوث ج . ف . بفاف J.E. Pfaff .

وكان حساب الفروقات المنتهية ، قد ادخل منذ القرن السابع عشر ، فعكف على دراسته تايلور وكوت وأولر ولاغرانج ولابلاس ، واستعمله هذا الأخير ، بعد مونتور Montmort وموافر Moivre في حساب الاحتمالات .

المعادلات ذات المشتقات الجزئية : وجدت مشتقات الاسات ذات المتغيرات الكثيرة ، او المشتقات الجزئية ، بشكل ترقيعات غير واضحة تماماً ، في بعض اعمال نيوتن وليبنز والأخوين برنولي . ولكن هذه المعادلات ذات المشتقات الجزئية ، رغم دخولها في كل المسائل التحليلية المتعددة المتغيرات ، فهي لم تدخل علناً إلا في سنة 1734 ضمن هذه المسائل ، وذلك على يد أولر ، ولم تبدأ دراستها بشكل منهجي إلا في سنة 1747 حيث تناولت مثل المعادلة ذات المشتقات الجزئية من الأوتار المتذبذبة $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ التي وضع حلها دالمبير في المعادلة $u = f(x + at) + \phi(x - at)$ حيث ϕ, f دالتان كيفيتان محدثتان جزئياً بشروط الحدود والتضيقات التي ادخلها دالمبير على اختيار هذه الدالات ، انتقدها أولر الذي أكد أنه من الواجب قبول كل دالة محددة بخط مرسوم كيفما كان ، كما انتقدها برنولي الذي اقترح تمثيل الحلول بسلاسل تريغونومترية (مثلثاتية) . وتدخل كل الرياضيين من تلك الحقبة ، في الجدل الذي حسم في القرن التاسع عشر عندما تم تحديد مفاهيم الدالة والسلسلة التريغونومترية بشكل دقيق .

في هذه الأثناء ، وعلى موازاة توسع تطبيقات هذه المعادلات الجديدة في الميكانيك والفيزياء الرياضية ، كانت دراستها التحليلية تتقدم بسرعة . وشارك أولر ودالمبير ولاغرانج مشاركة فعالة في الكشف عن هذا المجال الجديد . وفي حين كانت معادلات الدرجة الأولى قد حلت بشكل عام من قبل لاغرانج ، وفسرت هندسياً من قبل مونج ، في هذه الأثناء كانت أنماط مختلفة من معادلات الدرجة الثانية تعالج متسبة بادخال تطويرات على السلاسل التريغونومترية وعلى السلاسل ذات الدالات الكروية البسيطة أو العامة . الخ . وفي حين كان لاغرانج يوضح من وجهة نظر تحليلية خالصة ، العديد من نواحي هذه النظرية الشديدة الدقة ، كان مونج ، وهو يشدد بصورة خاصة على التطبيقات في الجيومترى اللامتناهية ، يبدع طريقة جديدة في التكامل الجيومترى ، تطبق بشكل خاص على فئة

مهمة من المعادلات ذات الاشتقاق الجزئية من الدرجة الثانية ، ذات الشكل $Ar + 2Ks + Lz + M = 0$. وتعتبر نظريته حول السمات نموذجاً للدراسة تحليلية جيو مترية ، ألهمت لعديد من المؤلفين في القرن التاسع عشر ومنهم سوفوس لي Sophus Lie الذي أقر بأن أسس نظريته في تحول التماس موجودة في أعمال مونج .

إنشاء حساب التغيرات : شعر أولر وهو يعود سنة 1728 إلى تنسيق مختلف للمسائل ذات العلاقة بالقصويات التكاملية ، التي سبق ودرستها مدرسة ليبنيز في أواخر القرن السابع عشر ، شعر أولر بضرورة ادخال طرق اعم ، في هذا المجال . ويعد ان درس المسألة الشهيرة مسألة المحيطات المتجاورة المتساوية (ايزوپيريمتر) ، نشر كتاباً شاملاً : « ميتودوس انفينيتي ... لوزان 1744 » حيث عرض الطريقة الأولى العامة من أجل حل مسائل القصويات . وخلق بهذا ميدان علم جديد سماه في سنة 1766 : حساب التغيرات . اما تحليله العقلائي ، فرغم تعقيده من ناحية تعمقه بالعناصر الجيومترية ، وبالفروقات المتتالية وبالسلاسل - فقد ادى به إلى صيغ عامة بسيطة وأنيقة طَبَّقَهَا على العديد من الأمثلة .

وفي مذكرة شهيرة ، نشرت سنة 1762 في المجلد 2 من كتاب : « ميسيلاتا توريناسيا » أعطى لاغرانج الشاب ، وهو يدخل رمزية أكثر ملائمة ، اعطى اساساً تحليلياً خالصاً للصيغ التي ابتكرها اولر ، مع تعميمه المسألة التي درست بفعل الغاء شرط ثبوتية اطراف المتكاملة المدروسة . وعرف اولر تفوق تبيين لاغرانج ، فاستخدم فيما بعد هذه الطريقة الجديدة .

وتخصّص لاغرانج عدة دراسات لاحقة لهذا الحساب الجديد ، طبقها بشكل خاص على موضوع السطوح الدنيا كما طبقها على انجاز نظامه في الميكانيك التحليلي . وفي سنة 1788 أعلن ليجاندر عن معيار يمكن ان يسمح بتمييز القصويات والدنيوات . أما تبياناه ، الذي كانت تنقصه الدقة فإنه لم يصبح الا في سنة 1836 على يد جاكوبي Jacobi .

المفهوم العام للدالات : يعود منشأ فكرة الدالة الى ايجاد الجيومتريا التحليلية من قبل فرمات Fermat وديكارت Descartes . وبهذا الشأن ليس اعتبار الإحداثية الصادية لخط منح مطابقة للاحداثية السينية سوى النقل الجيومترى لهذا المفهوم . ولم يظهر هذا المفهوم مظهره التحليلي الخالص إلا بعد إيجاد الحساب اللامتناهي وهو يأخذ بصورة تدريجية معنى أكثر وضوحاً عند نيوتن ولبينز وتلامذتهما . ويعد أن مر بعدة تسميات متنوعة ، ظهرت كلمة دالة (Fonction) عند ليبنيز وتوضحت عند جان برنولي الذي حدد ، في سنة 1718 دالات متغير مثل الكميات المركبة بأي شكل كان ، من هذا المقدار المتغير ومن الثوابت .. والترقيم الحديث البسيط جداً $f(x)$ ، أوجده أولر وكليرو .

قام أولر سنة 1748 في كتابه « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » بدراسة منهجية للدالات الأولية ، وصفها بحسب نموذج تكوينها ، جبرية ، أو تصاعدية ، ظاهرة أو ضمنية ، «وحدة الشكل او متعددة الشكل . وحقق هذا التصنيف تقدماً مهماً رغم ان التعريف الذي اعطى للدالات

التصاعدية ، يبدو أكثر ضيقاً وحصرية ، وفي سنة 1749 قادت دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية في الأوتار المتذبذبة ، اولر إلى توسيع مفهوم الدالة العامة وإلى القول بأنها يمكن ان تحدد بخط منح مرسوم كيفاً كان فوق سطح . والعمود الناتج عن تواجد هذين المفهومين لن يزول إلا في القرن التاسع عشر على يد فورييه وعلى يد لوجون - ديريكلي Le jeune — Dirichlet اللذين شرحا بذات الوقت العلاقات القائمة بين المفهوم العام للدالة ، والتطور ضمن سلسلة تريغونومتريه ادخله دانيال برنولي ، وظل هذا التطور لمدة طويلة يعتبر أكثر ضيقاً من حل اولر .

دالمبير D'Alembert ونظرية الحدود: وبدون اعطاء الانتباه الكافي لمبادئ الحساب الجديد ، لم يميل علماء القرن الثامن عشر دراسة هذه المبادئ إجمالاً تاماً . فقد استخدم فونتينيل Fontenelle في كتابه « عناصر جيومتريه اللامتناهي » (باريس 1727) اللامتناهي الكبير واللامتناهي الصغر ، مع قبوله بوجود اللامتناهي الحالي ، من الدرجة الاسية المطلقة ، من اجل تمثيل دوغماثيكي لمجمل المسائل المتعلقة باللامتناهي . وهذه الوجهة من الرأي ، كانت موضوع جدل مر به من قبل أهم الرياضيين الرئيسيين .

وفي حين حلت انتقادات بركلي Berkeley المدرسة البريطانية على تعميق مجمل مفاهيم حساب التفاضل ، عرض دالمبير ، في الانسيكلوبيديا وفي : « توضيحات حول عناصر الفلسفة » 1767 ، مستلهماً مفاهيم وأفكار روبنس Robins وملكورين Malcaurin ، عرض خصائص اللامتناهيات الصغر من مختلف المراتب بشكل عصري جداً ، وإنشاء التحليل حول نظرية الحدود . ورغم ان هذه النظرية مركزة بشكل غير كاف فقد استخدمت ، مع ذلك كأساس للعرض الدقيق الذي قام به عنها كوشي في القرن اللاحق . وعرفت نظرية دالمبير هذه نجاحاً كبيراً ، ولكنها لم تنل موافقة اولر ، الذي كانت وجهة نظره ، وإن غير واضحة تماماً ، أقرب قليلاً إلى وجهة نظر فونتينيل .

نظرية الدالات عند لاغرانج : Lagrange : جهد لاغرانج ، وهو يرى ان طريقة الحدود مشوبة بلجوء إلى الميتافيزيا ، وشاكاً بدقة طريقة اللامتناهيات الصغر ، بعد 1772 بأن يؤسس التحليل على الطرق الجبرية ، وبصورة خاصة على استعمال التجذيرات بالسلال التي قال بها Taylor . وقد وسعت مفاهيمه فيما بعد وعرضت بشكل أكثر منهجية في كتابه « نظرية الدالات التحليلية » 1797 ، وفي « دروس حول حساب الدالات » 1799 .

وشرع بدراسة التجذير التaylorي لدالة عند مجاورتها للقيمة a من المستقل المتغير ، وفهم اهمية الباقي ، ولكنه اعمل دراسة شروط الوجود والتثبت من ان التجذير الحاصل يمثل تماماً الدالة الاساسية ، وهو ضعف تميزت به حقبة قلما انتشر فيها مفهوم الدقة ، سواء في الجبر ام في التحليل . ويتفرع السلسلة الحاصلة ، وما فيها من باقى ، عرف الدالات المشتقة - ورمزها $(x), f'(x), f''(x)$ الخ . بواسطة المعاملات المتتالية في التجذير . وانتقدت هذه المحاولة في عصره ، لترقيمتها ، واستعمالاتها غير المريحة ، فسقطت نتيجة غموض المفاهيم المتعلقة بتلاقي السلسلات ، وبمفهوم الدالة العشوائية بالذات . إلا انها امتازت ، مع ذلك ، بجلب الانتباه إلى الدراسة المجردة ،

دراسة الدالات ، التي بواسطة كوشي Cauchy وريمان Rieman وويرستراس Weirstrass ، أدت إلى خلق نظرية الدالات المتغيرات الفعلية . واثرت هذه المحاولة ايضاً في تطوير نظرية وظائف المتغير المعقد وفي تطوير السلاسل الشكلية .

بعض المسائل الجديدة : كان عمل نيوتن غنياً جداً بالطرق ، وبالنظريات ، وبالناتج الجديدة ، فترك بحالة التعليق العديد من المسائل التي سوف يشغل حلها علماء القرن 18 . ذلك ، مثلاً ، هو حال البحث عن صورة توازن مائع في حالة الدوران ، تتجاذب جزئياتها وفقاً لقانون نيوتن . وقد بين نيوتن وماكلورين وكليرو ان هذه الصورة كانت اهليلجياً في حالة دوران ، كما تنبأ به نيوتن . وحدد ماكلورين ايضاً قيمة الجذب الذي يحدته شكل اهليلجي (Ellipsoïde) منسجم فوق نقطة اقية في داخله او فوق سطحه .

وعاد إلى هاتين المسألتين كل من دالمبير ولاگرانج ، ولاپلاس وليجندير الذين اوضحوا ، بهذه المناسبة ، طرقاً جديدة أو وسائل حساب أصيلة . وعلى هذا وسع ليجندير سنة 1783 حساب الجذب لتشمل نقطة خارجية ، بفضل تدخل شكل إهليلجي ذاتي البؤرة Homofocal ، وبفضل استخدام «متعددات حدود ليجندير» الشهيرة . وعلى هذا ايضاً أدخل كليرو الدالة V التي استعمالها لاگرانج فيما بعد في الديناميك وفي التحليل . وفي سنة 1785 بين لاپلاس ان هذه الدالة الخامسة ، تتلام مع معادلة ذات مشتقات جزئية : $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0$ ، تلعب (اي المعادلة) دوراً كبيراً في مختلف فروع الفيزياء الرياضية ، واستخدم لاپلاس الاحداثيات الصادية القطبية ، في تكامل الدالات ، المسماة دالات لاپلاس ، معبأً بالتل دالات التريغونومترية ، في حالة المتغيرين .

وأدت مسألة اخرى إلى اكتشافات أكثر اهمية . هي مسألة تقويم الاهليلج Ellipse والإيبربول (القطع الزائد) ، تقويماً لم يستطع الحصول عليه محلولو القرن 17 ، لأن حله يوجب بالضرورة اعمال دالات جديدة .

ونظراً لصعوبة معالجة الموضوع بالعمق ، جرت أولاً محاولة البحث عن كل المتكاملات التي تتعلق حسابها بهذه الأقواس . وقدم الجيوميتري الايطالي ج . ك . فاغنانونو G.C. Fagnano ، (1682 — 1766) مساهمة أكثر اصاله عندما بين ، بعد 1716 ، انه بالامكان ، وبالات الاشكال ، وفوق قطع اهليلجي ناقص Ellipse او فوق ايبربول معين ، رسم قوسين بينهما فرق معين ، ومن خلال إقامة علاقة مباشرة بين تقويم هذه المنحنيات وتقويم المنحنى ذي العروتين . وحفزت بحوث فاغنانونو Fagnano ، التي نشرت سنة 1750 ، اولر فعالج ، في سنة 1756 ، هذه المسألة بشكل تحليلي ، واثبت عدة خصائص مهمة لهذه التكاملات Intégrales ، المتميزة ، في العنصر التفاضلي ، بوجود الجذر التربيعي لمتعدد الحدود Polynôme من الدرجة الرابعة . وفي سنة 1780 ، بين ج لانندن J. Landen ان حساب اي قوس من غرووط Hyperbole قد يرد إلى حساب قوسين فوق قطع اهليلجي Ellipse ، وهي نتيجة عرضها لاگرانج بشكل أكثر مباشرة . في سنة 1786 ، تدخل ، لأول مرة ، في هذا المجال ا . م . ليجندير الذي خصص لهذه البحوث قسمياً كبيراً من حياته . واحتوت مذكراته

الأوليان (1786 — 1793) نتائج مهمة متعلقة في تصنيف هذه المتكاملات ، وفي تحويلها ، إلى أشكال قانونية وحسابها المتقارب . ولكن جوهر عمل ليجنندر موجود ضمن الكتب التي نشرها سنة — 1819 1811 وسنة 1825 — 1832 ، والتي سوف نذكرها في المجلد اللاحق ، بليات الوقت مع أعمال آبل Abel و جاكوبي Jacobi ، التي سوف تكشف عن الأهمية الاستثنائية لهذه الدالات الجديدة .

II - تقدم المجالات الجبرية

بدون أن يدخل تمديدات بارزة ، قدم القرن 18 ، في مجال العلوم الجبرية العديد من التحسينات التي أعدت ثورة القرن التالي .

I - نظرية المعادلات

القاعدة الأساسية في الجبر : سنة 1608 ، أكد ب. روث P. Rothe بأن كل معادلة جبرية من (ن) درجة تحتوي (ن) جذر . هذه الصيغة استعادها ، بشكل أوضح فأوضح ، البير جيرار Albert Girard (1629) ، وديكارت (1637) ونيوتن (1685) والولر (1742) ، بفضل فهم أفضل لطبيعة الجذور (الحقيقة أو الخيالية ، المتميزة أو المتطابقة) . وإثبات هذه القاعدة الأساسية عالجها على التوالي دالمير D'Alembert (1746) والولر (1751) ، الخ . ولكن الإثبات الأول الدقيق لم يقدم إلا في سنة 1799 من قبل غوس Gauss ، الذي قدم فيها بعد ، إثباتات أخرى ، وكون كل معادلة جبرية تمتلك ، على الأقل ، جذراً حقيقياً أو خيالياً ، هو في أساس الإثباتات لاغرانج وغوس .

المحددات أو الحواسم : في أواخر القرن 17 ، استخدم لينيز ، في مختلف المناسبات ، وعند حل أنظمة المعادلات الخطوطية Linéaire ذات المجهولات الكثيرة ، نظام عد حسابي (algorithm) يُعالج عدداننا الحالية⁽¹⁾ . وهناك ترقيعات مماثلة ، أعاد ادخالها سنة 1750 غبريل كرامر Gabriel cramer ، استخدمت بكثرة متزايدة بخلاف النصف الثاني من القرن ، وبخاصة من قبل بيزوت Bézout (1764) وفاندرموند Vandermonde (1772) ولابلاس (1772) ولاغرانج (1773) ، الخ . وحصلت نتائج جديدة متنوعة دون تطوير دراسة منهجية لهذا الألفوريتم Algorithm الجديد . وابنكرت كلمة محدد من قبل غوس Gauss سنة 1801 ، في حين كانت النظرية قد توضحت بخلاف العقود الأولى من القرن 19 من قبل غوس بالذات ، ومن قبل جان-بينه Binet ، ل وكوشي Cauchy ، و جاكوبي Jacobi . ولكن التقييم الحديث لم يدخل إلا سنة 1841 ، على يد كايي A. Cayley .

(1) من الملاحظ أن الطريقة الصينية القديمة القائمة على تمثيل معاملات مجهولات العديد من المعادلات الخطية المستقيمة Linéaires المتقارنة - فوق رقعة الشطرنج échiquier (راجع مجلد 1 ، القسم 1 ، الفصل 5) تَرَدُّ في الواقع إلى تصوير مُحدَّد ما تصويراً مُحدَّداً . فضلاً عن ذلك ، وقبل لينيز بعدة سنوات ، قام العالم الرياضي الكبير ، الياباني سيكي كوا Seki Kowa ، وباستخدام عدد Déterminant لكي يستبعد كمية بين معادلتين .

معادلات ذات درجة أعلى من 4. في حين كان حل المعادلات من الدرجة 3 و4، يستفيد من بعض التقدم التفصيلي، العائد، بشكل خاص، إلى استعمال أفضل للأعداد العقدية، كان انتباه علماء الجبر يتوجه بالطبع، نحو المعادلات ذات الدرجة الأعلى، وبخاصة نحو معادلات الدرجة الخامسة، التي بدأ حلها أحد الأهداف الأولى الواجبة التحقيق. وفي سنة 1683، اعتقد تشيرنهوس Tschirnhaus أنه اكتشف طريقة عامة لحل المعادلات الجبرية. وهذه الطريقة، رغم عدم فعاليتها في حل المعادلات الأعلى من الدرجة 4، وهي طريق الاستبدال، اتاحت فيها بعد رد المعادلة العامة من الدرجة الخامسة إلى شكل قانوني تليثي الحدود Trifome.

ولكن الفشل الكثير الحاصل بعد محاولة حل المعادلات العامة ذات الدرجة الأربع من 4، دفع إلى القيام بتحليل ادق للطريقتين العامين المستعملتين في حل المعادلات من الدرجة الأدنى: طريقة الاستبدال والدمج. وحصلت دراستان مهمتان حول هذا الموضوع، وبذات الوقت من قبل فاندر موند Vandermonde (1770) نشرت سنة 1774 ومن قبل لاغرانج (أفكار الحل الجبري لبعض المعادلات 1771-1774).

وقرر فاندرموند Vandermonde بأن الحل العام لمعادلة من درجة معينة، يتعلق بإمكانية بناء دالة جذرية صماء لجذور بعض حدودها تساوي هذه الجذور بالذات، بشرط أن تكون هذه الدالة قابلة للتحويل بشكل يجعلها مرتبطة فقط بدالات متناظرة مع الجذور للبحوث عنها. وهكذا عثر فاندرموند على صيغ لحل المعادلات من الدرجة 2 و3 و4، وفشل فيما يتعلق بالمعادلات العامة ذات الدرجة الأعلى، ولكنه نجح في حل المعادلة ذات الحدين $x^{11} - 1 = 0$ (Binôme)، مؤملاً حتى، بإمكانية حل المعادلة $x^n - 1 = 0$ ، في كل الحالات التي يكون فيها (n) أولياً، حل سوف يعرضه غوس في كتابه «ديسكيزيسوني أريتماتيكا» (1801).

واضطر لاغرانج، من جهته، إلى دراسة الدالات القياسية (Rationnelles) لجذور المعادلات الجبرية، وبصورة خاصة إلى دراسة سلوك هذه الدالات عند تبديل الجذور Permutation. وهكذا اقتيد إلى وضع القواعد الأولى لنظرية المجموعات المستقبلية. ولاحظ لاغرانج أن الطرق المعتادة في الحل تلجأ إلى معادلات مساعدة، تسمى حلالة، تكون جذورها دالات خطية Linéaires للجذور المطلوبة، ولجذور الوحدة، فين أن المعادلة من الدرجة الخامسة لا يمكن أن تحل هكذا، إذا كانت معادلتها الحلالة من الدرجة السادسة. وفي سنة 1798 عاود هذه الدراسة في «الحل الجبري للمعادلات»، إنما دون أن يستطيع أن يسير، إلى أبعد، في دراسة المعادلات، من الدرجة الأعلى من 4. وفي السنة اللاحقة، حل العالم الرياضي الإيطالي بيتر روفيني Pietro Ruffini بصورة جزئية هذه المعضلة في «النظرية العامة للمعادلات»، مؤكداً على الاستحالة القاطعة في حل المعادلات العامة ذات الدرجة الأعلى من 4، حلاً جبرياً. ومع ذلك فقد بقيت هناك ثغرات في تحليله. والتبين النهائي لن يعطى إلا سنة 1826 من قبل آيبل Abel. وادت البحوث المهمة لروفيني Ruffini بعد لاغرانج، إلى تعميق أسس نظرية المجموعات. وإن لم يقدر عمل الرياضي الإيطالي حق

قدره، إلا أنه يجهل مكانة ختارة إلى جانب أعمال فاندور موند، ولاغرانج وغوس، في أعداد الشورة الكبرى، ثورة 1826 - 1830، التي جددت طرق الجبر بأكمله، بعد أن أوضحت المصاعب الملحوظة في نظرية الحل الجبري للمعادلات.

إنجازات مختلفة - وتحققت إنجازات أخرى أكثر أولية - من هذه الإنجازات، التي تتحكم جزئياً بأعمال فاندور موند ولاغرانج، هناك إنجاز يتعلق بالدالات التناظرية بجذور معادلات جبرية، بدأ بدراستها جيرار، وعالجها نيوتن وأكملها لاغرانج سنة 1768 و. وورنغ (E. Waring, 1782) (1770). واستبعاد مجهول من معادلتين ذاتي مجهولين - وهي مسألة تعادل البحث عن نقاط تقاطع بين منحنيين يمثلان هاتين الدالتين - درس في القرن 17 من قبل ستيفن Stevin، فرمات Fermat، وهودد Hudde.

واستبعد كرامر Cramer، سنة 1750، الصعوبات التي مبعثها الوجود الممكن لنقاط متعددة. وبين بيزوت Bézout، سنة 1771 بصورة نهائية أن منحنيين جبريين من الدرجة m و n لهما mn من النقاط المشتركة.

وكانت قاعدة أشارات ديكاوت موضوع تحسينات عدة ومحاولات عدة تبينية، وخاصة من قبل ليبينز، وغوالوج. أ. سينغر Segner، و. وورنغ E. Waring، وغوس. وعولج موضوع فصل الجذور من قبل رول Rolle الذي طور، في «رسائله الجبرية» (1690) «طريقة التسلسلات» Cascades، متيحاً من خلال النظر إلى سلسلة من المعادلات المساعدة من ذوات الدرجات المتنازلة، الاحاطة بالجذور الحقة لبعض انماط المعادلات. وفي سنة 1691، نشر رول قاعدة الشهيرة التي تؤكد بأن الدالة لا يمكن أن تلغى أكثر من مرة في الفترة الفاصلة بين جذرين حقيقيين متتاليين، ودالتها المشتقة.

الحل العددي للمعادلات: في كتابه «أرتماتيكا أونيفرساليس» (1707) قدم نيوتن العديد من الطرق لتحديد حد اعلى للجذور الحقة، وقدم قاعدة لتحديد الحد الأدنى لعدد الجذور الخيالية والحد الأعلى لعدد الجذور الايجابية والسلبية. وهذه القاعدة الأخيرة، الأكثر وضوحاً، في الغالب، من قاعدة ديكاوت، لم تبين إلا في القرن 19.

وقد اهتم نيوتن أيضاً بالسألة المهمة مسألة التحديد المقارن لجذور مطلق معادلة. واسلوه المستعمل بعد 1685 في «الجبر» لوليس، ذو تطبيق سهل نوعاً ما.

نفترض معادلة $f(x) = 0$. وقيمة قريبة a من أحد جذور هذه المعادلة. نضع $x = a + y$ ثم نشكل المعادلة المساعدة $g(y) = f(a + y) = 0$. إن هذه المعادلة ذات (y) تقبل بجذر ذي قيمة مطلقة قليلة، له قيمة مقاربة (b) يحصل عليها برد المعادلة إلى جذبا من ذوي الدرجة الأدنى.

إن $(a+b)$ هي قيمة جديدة قريبة من الجذر للبحوث عنه وتطبيق هذا الأسلوب يمكن أن يستمر إلى الحد الذي نشأؤه.

هذه الطريقة ، غيرت قليلاً سنة 1690 من قبل رافسون Raphson الذي استعمل القيمة القريبة :

$$b_1 = a - f(a)/f'(a) \text{ وقد عاد إليها فيما بعد لاغرانج وفورييه Fourier .}$$

وفيما خص الطرق الأخرى الكثيرة للحل الرقمي القريب من المعادلات ذات الدرجة المرتفعة ، هذه الطرق التي درست في القرن الثامن عشر ، لن نشير منها إلا على أعمال لا غني — (1705-1706) والمرتكزة على استعمال الفروقات المتتالية للدالة $f(x)$ ، ثم أعمال تايلور Taylor المرتكزة على تدخل سلسلته الشهيرة ، وأعمال لاغرانج ، المشتقة من استعمال التجذيرات ذات الكسور المستمرة .

2 - الأعداد المعقدة وتطبيقاتها

طبيعة الأعداد المعقدة : ان الأعداد المعقدة ، ادخلت في القرن السادس عشر بمناسبة حل المعادلة من الدرجة الثالثة ، وبعدها احتلت مركزاً متزايداً في الجبر . إلا انه نتيجة عدم وجود تبرير صحيح وفهم واضح لطبيعتها ، شكل إدخالها ، وقد قصت به حاجات الحساب ، كإثارة مستمرة من الناحية المنطقية . ودون الوصول الى تبرير منطقي نهائي لهذه الأعداد - التي ظلت لمدة طويلة تسمى بالأعداد الخيالية ، نظراً لأن كلمة معقد التي أدخلها غوس سنة 1831 ، لم تنتشر إلا ببطء - فإن القرن الثامن عشر شاهد تحقيق إنجازات مهمة ، بفضل إدخالها في العديد من الفروع . من التحليل وبفضل تفسير أكثر دقة لطبيعتها .

وغالبية المؤلفين في القرن السابع عشر كانت تعتقد ان مختلف انواع الجذور لها ما يطابقها من أنماط متنوعة من الأعداد « الخيالية » ، رغم أن لينينز قد بين سنة 1677 بأن العدد، $\sqrt[3]{a+bi} + \sqrt[3]{a-bi}$ هو عدد حقيقي ⁽¹⁾. وخلال النصف الأول من القرن الثامن عشر أدى تحسين وسائل حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة ، وادى تدخل الأعداد المعقدة ، بصورة كبيرة في دراسة الدالات المختلفة ، وفي مختلف التجذيرات التسلسلية ، إلى ضمان أكبر في الاستعمال ، ضمان قائم على الفائدة بالطبيعة الموحدة لهذه الأعداد . وتم اجتياز خطوة حاسمة من قبل دالمبير الذي أكد ، سنة 1746 في « افكار حول السبب العام للرباع » (نشر سنة 1747) ان كل دالة ذات عدد او عدة اعداد يمكنها ان توضع بشكل $a + bi$ (الرمز i يعني $\sqrt{-1}$ الذي ادخل من قبل اولر سنة 1777 وكان غوس اول من استعماله بشكل منهجي) . ورغم ان تبين دالمبير ، الذي اخذه عنه اولر انما بأشكال أخرى ، ولاغرانج الخ ، رغم عدم كفاية الدقة في هذا التبين ، فقد ائتمن به معاصروه ، مما فتح المجال امام النظرية التحليلية التي سوف يطورها كوشي في القرن التاسع عشر . وهناك طريقة أخرى ، تمثيل الأعداد المعقدة جيو مترياً ، وهي طريقة عرفها وليس Wallis سنة

(1) استعمل لينينز هذه الغاية لتجذيرات تسلسلية . وعما يشار اليه انه منذ 1572 بين ر. بومبيلي R.Bombelli في الجبر

ان $\sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} + \sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}} = 4$

واصبحت التريغونومتريا بعد ان تخلت عن كل مستند جيومتري ، اصبحت فرعاً من نظرية

الدالات ، ذات الرابط المتين بالدالة الجزئية واللوغاريتمية . والتجذيرات التسلسلية التي حصلت في القرن الماضي ، ثم التفكير عن طريق تريفونومتري للصيغة : $1 - x^n$ إلى عواملها الحقيقية من الدرجة الأولى والدرجة الثانية تفكيك حققه ر . كوت R . Cotes . يمكن ان يسمح بتوقع هذا التوجه الجديد . وفي كتابه : « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » اعطى اولر للتريفونومتريا شكلها الحديث ، وذلك بتعريف الدالات التريفونومترية ، كملاقات ، أخذاً مع لاغني Lagny ، الجيب Sinus totus الذي يساوي 1 ، ومعطياً للصيغ غثيلها المصري ، ومستعملاً التجذيرات كسلاسل وكحواصل ضرب غير متناهية لخطف الدالات التريفونومترية . تذكر أيضاً بالتأكيد الواضح الذي حصل من قبل فانتت لاغني Fantet de Lagny سنة 1719 بالنسبة إلى دورية الدالات التريفونومترية ، والاعلان عن عدة صيغ جديدة من قبل ف . و . اويل F.W.Oppel و ت . سميون Th.Simpson إن التريفونومترية الكروية ، والتي اعطاها اولر أيضاً شكلاً شبه حديث ، طورها أيضاً كورت ولامبير ، ولكسيل ، وليجنندر ، ولابلاس ، اما من وجهة نظر تحليلية خالصة ، واما نظراً لتطبيقاتها الجيوديزية والفلكية .

وقدم كل من ج . ماشين J . Machin ، وج . هيرمان J . Herman ، واولر Euler ، سائرين في الدرب الجديد الذي فتحه فيات Viète ، تعابير جديدة لـ π ، سواء بشكل مجموعات او بشكل حاصلات ضرب لامتناهية ، اتاحت تحديد اكر عدد من الأرقام في تمثيلها . في حين ان ترقيمها الحليث (π) ، من ابتكار و . جونز W . Jones سنة 1706 وكان قد اذاعه واشاعه اولر ، فإن لامبير بين سنة 1761 عدم جذرية (اصحية) هذا الرقم . ورغم ان استحالة تربيع الدائرة لم يثبت إلا سنة 1882 من لندمان Lindeman ، فإنه منذ 1775 رفضت اكااديمية العلوم في باريس رفضت ان تنظر في كل مذكرة مخصصة اما بهذا الموضوع او بتربيع المكعب او بحجة الزاوية . وبذل هذا القرار على تقدم الدراسات في هذا المجال .

ضمن هذا الترتيب من الأفكار ، يتوجب علينا الإشارة إلى إدخال الدالات الايروبولى من قبل ف . ريكاتي V.Riccati سنة 1757 ، دالات أثبتت دراستها من قبل والاس ولامبير (1768) قربها من الدالات التريفونومترية .

3- الحسابات غير المحدودة

دراسة السلاسل : قدم النجاح المائل لنظرية السلاسل إلى الرياضيين في أواخر القرن السابع عشر جملة من التطورات الغنية جداً . ولهذا عمل تابعوهم على الافادة الواسعة من هذا المخزون الذي ساعدوا في انتشاره . وحصلت نتائج تقنية مهمة بفضل براعة وبفضل تجرد بعض الرياضيين امثال جان برنولي واولر في استخدام هذه الأداة . ولن نذكر من هذا الا بعض الأمثلة : سلسلة تايلور Taylor ، التي بررها مخترعها باستنتاج جريء ، والتي لعبت دوراً اساسياً في انتاج لاغرانج . سلسلة مزدوج

الجدين التي عبر عنها وأدخلها نيوتن سنة 1676 ، في الحالة العامة حالة الاس الحقيقي ، وقد استعملت استعمالاً واسعاً قبل ان تبين بشكل دقيق واثيق من قبل اولر سنة 1773 ، ثم من قبل ايل Abel ، في حالة الاس المعقد . تجذير الدالة الاسية التي بين اولر في سنة 1748 انه يساوي ، عندما يكون n متناهيًا ، حدّ العبارة $(1 + \pi/n)^n$.

ولم يستطع اشهر رياضيين تلك الحقبة رغم براعتهم الحسابية ان يتجنبوا المصاعب المرتبطة باستعمال التجذيرات اللانهائية وهي صعوبات كانوا يقدرونها اقل من قدرها بل ربما لا يرونها . ومع الاعتراف بتفارق السلسلة المتوافقة ، تفارقاً اثبت جاك برنولي بعد 1689 ، وجود حالات ابسط ، تقاربية ، لم يخش اولر ولا غرانج استعمال سلاسل نصف متقاربة او متباعدة - ومعنى العبارة : « سلسلة متقاربة كان في ذلك الحين غير واضح تماماً ولا يتوافق في اغلب الاحيان إلا مع التحقق من كون الحد العام يتجه نحو الصفر . وعلى هذا ، اكد لاغرانج ان المجموع في السلسلة $1/2 = \cos \pi - \cos 2\pi + \cos 3\pi - \dots$ ، واولر نفسه قبل بـ : $1/2 = 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - \dots$ ، وبشكل عام اعتبر اولر انه ، بالنسبة الى عدد من القيم يتخذها المجهول x ، يمكن تمثيل الدالة $f(x)$ بمجموع من سلسلة متقاربة . وهذا التمثيل يصبح بالنسبة الى كل قيم x ، التي تكون فيها الدالة $f(x)$ محددة ، حتى ولو كان من المستحيل التثبت ما إذا كان تقارب السلسلة ثابتاً فيها ايضاً . مثل هذا التصور قد يوقع في التناقضات الظاهرة التي تثير العجب خاصة إذا قبل بها رياضي من مرتبة اولر .

ولهذا ورغم تجاوز حكمه نفهم الآن نقمة آيبل من عدم دقة نظرية السلاسل : « إذا استثنينا حالات البساطة الكبرى ، في كل الرياضيات ، فإنه لا يوجد تقريباً اية سلسلة يكون مجموعها محددًا بدقة . وبكلام آخر فإن الشيء الأهم في الرياضيات يكون بلا أساس » (رسالة إلى هولنبو Holmbøe 16 كانون الثاني 1826 .)

وهكذا بعد ان استغل موارد تقنية السلاسل ترك القرن الثامن عشر لورثته مهمة ملحة ، ادخال الدقة الحقيقية في هذا المجال .

الحاصلات اللانهائية والكسور المستمرة او المتتالية : رغم ان الحواصل اللانهائية كانت معروفة منذ فيات Viète ، فهي لم تستخدم بشكل منهجي إلا من قبل اولر الذي عرف اهميتها واستمد من استعمالها نتائج سوف تكشف فيما بعد عن اهميتها البالغة ، سواء في نظرية الدالات ام في نظرية الاعداد .

في هذا المناخ المؤاتي لاستخدام الحسابات اللانهائية ، لم تكن نظرية الكسور المتتالية لتقصر عن أن تكون مفيدة بشكل واسع . واولر الذي كتب عنها عرضاً منهجياً منذ 1737 ، اكمل الترتيبات ، وعمم حساب المصغرات ، واهتم بمسألة التقارب او الانقضاء وتحويل السلاسل إلى كسور متتالية كما اهتم بالتطبيقات العملية لحل المعادلات الجبرية او غير المحددة . واهتم لاغرانج بشكل خاص ببعض الكسور المتتالية الدورية كما اهتم بتطبيق المعادلات التفاضلية في التكامل .

4 - نظرية الاعداد

بعد النجاح الباهر الذي لقيته في القرن السابع عشر دراسة المسائل الكلاسيكية المتعلقة بتحليل ديوفانت Diophante ، لم تلبث ان تراجعت بسرعة ، واحتلت نظرية الاعداد ، بعد امسالها لفترة ، مكانة مهمة في أعمال أكبر رياضيين من القرن 18 وهما اولر ولاغرانج .

في سنة 1736 بين أولر القاعدة الصغيرة التي وضعها فرمات Fermat (إذا كانت p اولى فان $a^p - a$ قابلة للقسمة على p) ، وهي قاعدة عموها سنة 1760 ، بعد ان ادخل الدالة $Q(n)$ ، عدداً من الاعداد الصحيحة اقل من n وأولية بالنسبة إلى هذا العدد . ونجح سنة 1732 ايضاً في تبين (إذا كانت n تساوي 5) عدم صحة تأكيد فرمات القاضي بأن تكون $2^{2^n} + 1$ دائماً عدداً صحيحاً ، وبين الحالة الخاصة $n=3$ في قاعدة فرمات ، (في سنة 1770 بين لاغرانج حالة $n=4$) . وبعد 1741 اهتم اولر بمسألة التقسيم أو التوزيع ، اي تحديد عدد التفكيكات الممكنة للعدد N الى مجموع n من الحدود ، وهي مسألة وسعها في كتابه مدخل الى تحليل اللامتناهيات . وقد بين لاغرانج قاعدة فرمات التي تؤكد بان كل عدد صحيح N هو مجموع اربعة مربعات على الاكثر . ومن جهته بين اولر ان كل عدد اول من صيغة $4n+1$ يمكن ان يفكك بشكل واحد الى مجموع مربعين .

والانجازات التي ادخلها اولر على نظرية وعلى ترفيم الكسور المتتالية اتاحت له ان يحسن حل المعادلة غير المحددة من الدرجة الاولى $ax+by=c$ ، وكذلك حسن حل معادلة بل التي جذرها من قبل وليس وبرونكر . ووجود الجذور في هذه المعادلة الأخيرة بينه لاغرانج سنة 1766 .

وفي سنة 1771 اعلن الرياضي الانكليزي ي. وورنغ E. Waring ، بدون تبين سلسلة كاملة من المقترحات حول نظرية الاعداد : تفكيك عدد إلى مجموع مكعبات أو اسات اربعة الخ ، تفكيك كل عدد مزدوج إلى مجموع من عددين اولين (وهي إمكانية سبق ان أكد عليها سنة 1742 غولدمباخ Goldbach) ، الخ . قاعدة منسوبة إلى ج . ولسن J. Wilson ، ولكنها كانت معروفة لدى لبيتر ، تؤكد ، في حال وجود p أول ، العدد $(p-1)!$ هو مضاعف لـ p (وقد بين لاغرانج هذا المقترح سنة 1771) .

وأثارت نظرية البقايا التربيعية أيضاً بحوثاً مهمة عند أولر ولاغرانج ، وأعلن أولر سنة 1772 سلسلة من المقترحات تعادل قانون التبادل التربيعي الذي صاغه ليجندر نهائياً سنة 1785 وبينه غوس بدقة لأول مرة سنة 1796 . ولكن أعمال ليجندر المهمة والعمل العبقري الذي قام به غوس فتحت بالواقع مرحلة جديدة في تطور نظرية الاعداد ، وهي مرحلة ترتبط بصورة أساسية بالقرن التاسع عشر والتي ستدرس في المجلد اللاحق .

5 - الاحتمالات والاحصاءات

حساب الاحتمالات : عند تأسيس حساب الاحتمالات بين 1654 و 1657 من قبل باسكال

Pascal ، وفرمات وهويجنس Huygens بدا هذا الحساب بصورة أساسية كتطبيق للتحليل التوافقي لدراسة ألعاب الحظ. وإذا كان النصف الثاني من القرن السابع عشر لم يقدم إلا القليل من العناصر الجديدة ، فبالقابل عملت الانجازات العديدة الأصلية التي نشرت في مطلع القرن الثامن عشر على تحديد الشخصية الحقيقية لهذا العلم الجديد ، وحددت له عناصره وتطبيقاته العملية الأولى .

وكانت المساهمة الأولى النظرية للقرن الثامن عشر هي « محاولة تحليل » حول ألعاب الحظ ، وضعها ب. دي مونت مور P. R. de Montmort ، (باريس 1708) الذي قدم العديد من الإيضاحات النظرية ، ومنها تحليل أكثر عمقاً لموضوع المراهجات . في سنة 1713 ظهر في بال كتاب بعد وفاة مؤلفه جاك برنولي اسمه « الفن الاحتمالي » ARS conjectandi الذي يتضمن مع إعادة طبع له مفسر تحت اسم « راسيوسيني . . . » لهويجنس Huygens ، فضلاً عن كتاب تحليل توافقي ، يتضمن مداخلات كثيرة مهمة في كل مجالات نظرية الاحتمالات .

ونجد فيه بشكل خاص قاعدة برنولي الشهيرة ، او قانون الاعداد الكبرى ، والمتعلقة بتكرار عدد كبير من التجارب المماثلة . هذه النظرية التي اعطاها لابلاس شكلها النهائي ، والتي تولى تحقيقها تجريبياً بوفون Buffon ، وبولسون Poisson ، كشفت بصورة تدريجية عن اهميتها الاستثنائية في مجال التطبيق . والأعمال التي قام بها ، بشأنها موافر وستيرلنج Stirling ، ومكلورين Maclaurin ، وأولر Euler اتاحت الحصول على العديد والمهم من النتائج التحليلية ، مثل صيغة التقريب المسماة صيغة ستيرلنج : $(1 + e) \sqrt{2\pi s} s^{s-1/2} = s!$ ، التي اكتشفها موافر وستيرلنج سنة 1730 . نشر ايضا إلى المدخل الذي وضعه جاك برنولي بمناسبة جمع اللامات P^m للاعداد الصحيحة الأولى وللاعداد المسماة اعداد برنولي .

وتصور ابراهام موافر ، Abraham de Moivre ، وهو بروتستنتي فرنسي لجأ إلى لندن عملاً أكثر أهمية . وفي العديد من المذكرات ، وبخاصة في (نظرية الحظوظ) : او طريقة في حساب الاحتمالات في اللعب (لندن 1718 ، ط 2 ، 1738) ، وفي كتابه « اقساط الحياة » 1725 ، وفي تحليلات مختلفة 1730 اوضح موافر مبادئ حساب الاحتمالات وطور العديد من المسائل التطبيقية . وعلى هذا اعلن قاعدة الاحتمالات المركبة ، وشرع في استعمال المعادلات ذات الفروقات المتناهية والتي سوف تتمم خلال القرن .

وفي سنة 1738 باشر دانيال برنولي بدراسة مسألة كان نيكولا برنولي قد طرحها سنة 1713 . وأصبحت مشهورة تحت اسم « مغالطة سان بطرس برج » .

هذه المسألة يمكن ان تعرض على الشكل التالي . A و B يلعبان بالطره والنقشة المحكومة بالقاعدة التالية ، إذا جاءت النقشة في الضربة الأولى يعطى A لـ B فرنكاً واحداً . . . وإذا جاءت النقشة في الضربة n يعطى A لـ B 2^{n-1} فرنك . ما هي امال B رياضياً بالربح ؟

ودل تطبيق آني لمبادئ حساب الاحتمالات ان امل B رياضياً يجب ان يكون غير محدود ، وهذا

امر غير مقبول ولا يمكن افتراضه . ومن اجل محاولة حل المسألة بشكل يلائم الحس التسليم ، ابتكر دانيال برنولي نظرية جديدة مبنية على اسس سيكولوجية متينة نوعاً ما لقياء القيمة المادية المطلقة لربح مالي ، قدم القيمة الادبية التي ، تطابق المكاسب الفعلية التي يمكن الحصول عليها ، هذه القيمة الادبية تتعلق بأن واحد بالمبلغ المادي ، وبالثروة المسبقة لمن يتلقى هذا المبلغ . ومع ذلك فقلنا طبقت هذه النظرية رغم ان الابلاس قد تبناها .

لقد وضعت مسألة تحديد احتمالية الأحداث بالمفاعيل الملحوظة ، ضمن مذكرة صدرت بعد وفاة مؤلفها الانكليزي توماس بايس Thomas bayes (1763) . وتولاها فيما بعد لابلاس في مذكرة سنة 1774 ذكر فيها بشكل نهائي قاعدة بايس Bayes واستخرج منها العديد من التطبيقات . ومزجت هذه القاعدة بالقواعد المتعلقة بالاحتمالية الشاملة والاحتمالية المركبة ، فأتاحت لابلاس ولـ كوندورسيه Condorcet ، تقدير احتمالية العديد من الاحداث بالاستناد إلى نتائج الملاحظات السابقة .

وظهر التدخل الأول للمتغير التتالي ، في مسائل الاحتمالات ، في قضية عاجلها يوفون Buffon ، سنة 1733 وعاد إليها سنة 1777 بشكل اشتهر بمسألة الابر (الحساب الاخلاقي : ملحق بالكتاب 4 من التاريخ الطبيعي) . هذا المثل الأول من الاحتمالية الجيومترية يدل على ادخال العد التكاملي في مسائل الاحتمالات . وفي سنة 1760 أكد دانيال برنولي بشكل باهر قوة النماذج اللامتناهية التي عمم لاغرانج ولابلاس وغوس استعمالها .

ومن التطبيقات العملية الأكثر أهمية في حساب الاحتمالات ، البحث في التركيبية الأكثر جدوى ، تركيبة النتائج التي تقدمها سلسلة من القياسات ، وقد عاجلها ، ر. كوت R. Cotes (1722) الذي زود مختلف الملاحظات باوزان مختلفة ، في حين اوصى كل من سمبسون ولاغرانج ولابلاس باختيار المتوسط الحسابي . وكان قانون المربعات الأقل ، الذي صاغه ليجندر سنة 1806 ، قد اثبت سنة 1809 من قبل غوس الذي انشأ نظرية حقة حول اخطاء الملاحظة ثم اعلن القانون الشهر الذي حمل اسمه .

بعض التطبيقات : عرفت نظرية الاحصاءات في القرن 18 تطوراً سريعاً . وبعد 1570 اهتم كاردان Cardan بالاحصاءات المتعلقة بمدة الحياة البشرية . في سنة 1662 ، نشر جون غرونوت John Graunt جداول وفيات نظمت سناً لسجلات الوفيات المسوكة في لندن منذ 1592 . واهتم هويجنس Huygens (1669) ، وجان ويت Jean Witt (1671) ايضاً بهذه المسألة . ونشرت اولي الجداول الموسعة سنة 1693 ، من ادمون هالي Edmund Halley ، الذي درس تطبيقها على مسألة التأمينات على الحياة . وفي حين شوهد ، في القرن 18 ، نمو سريع ، وخاصة في انكلترا - في مجال التأمينات على الحياة والتأمينات البحرية ، اتاحت الاكتشافات الجديدة النظرية ، وبصورة خاصة توضيح وتطبيق قانون الاعداد الكبرى - اتاحت تحليلاً معمقاً لهذه التطبيقات ، نذكر بهذا الشأن « انقراط التأمين على الحياة » (1725) لموافر ثم « تجربة حول احتمالات الحياة البشرية » - (1746)

(1760) لـ A. Deparcieux . في النصف الثاني من القرن ، تقلعت الدراسات الديهخرانية بفضل اولر ولا بلاس الخ . وخاصة بفضل كوندورسيه Condorcet ، واهتم هذا الأخير ايضاً بمسائل الحساب السياسي : تحديد اساليب الانتخاب الاكثر عدالة . تأثر تأليف لجان المحلفين على قرارات العدالة ، الخ . . (تجربة حول تطبيق تحليل احتمالات القرارات المتخذة بأكثرية الاصوات ، باريس 1785) ، مسائل دقيقة للغاية قام لا بلاس بتوسيعها بدوره في كتابه « تجربة فلسفية » . ورغم سبقها لأوانها ، بفعل عدم كفاية الوسائل النظرية المتاحة له وبفعل جزئية خطأ استنتاجاته ، تستحق محاولة كوندورسيه Condorcet ، لتشكيل رياضيات سياسية واجتماعية دراسة اكثر تعمقاً من الدراسة التي خصصت لها : اذ تبدو ، من بعض النواحي كما لو كانت تعلن عن البحوث الحديثة حول البحث العملياتي وحول « نظرية اللعب » .

نشير ايضاً في مجال مجاور إلى النقاش الذي حصل فيما بين 1760 و 1769 بين دالمبير ودانيال برنولي حول مسألة طيبة كانت يومئذ شائعة ذائعة ، وهي مسألة جدوى التطعيم (1) . رغم ان هذا النقاش لم يؤد إلى قرارات حاسمة ، فيما يخص المسألة المدروسة ، إلا انه ادى على الأقل إلى اظهار جدوى ومصاعب التحليل عن طريق احصاء بعض المسائل البيولوجية والطبية .

عمل لا بلاس Laplace : في سلسلة من المذكرات نشرت بين 1771 و 1818 نسقت نتائجها ضمن « النظرية التحليلية للاحتمالات » (باريس 1812) ، قدم لا بلاس مساهمات مهمة سواء فيما يتعلق بمبادئ ومناهج حساب الاحتمالات ام في مختلف تطبيقاتها . فنص وتبين كل نظرية ، وحل وتطبيق كل مسألة كلاسيكية عرضت فيها وقدمت ضمن تركيب يتوج كل انتاج القرن في هذا المجال . بالأمس السيكلوجية لحساب الاحتمالات معروضة بشكل واضح جلي ، في حين ان نظرية جديدة ، هي نظرية الدالات المولدة ، تستخدم كأساس لكل العرض النظري . وارثاى لا بلاس ايضاً تطبيق العلم الجديد على المسائل الديمغرافية ، وعلى بعض المسائل الحقوقية ، وعلى بعض المسائل العلمية المتنوعة جداً ، مثل شرح التفاوت في تحركات الكواكب ، والانحدار الأوسط في المدارات الكوكبية ، وتوزيع الكواكب فوق الكرة السماوية ، ونظرية الأخطاء الخ . . وفي كتابه « تجربة فلسفية حول الاحتمالات » (باريس 1814) المعاد طبعه كثيراً ، يقدم لا بلاس عرضاً اولياً لهذا الكتاب . واقتل هذان الكتابان ، بشكل فخم ، هذه الحقبة ، حيث اصبح حساب الاحتمالات يشكل علماً مستقلاً .

III - تجديد الدراسات الجيومترية

كما ان انشاء الجيومترية التحليلية ادى إلى التخلي شبه الكامل عن بحوث الجيومترية الخالصة ، كذلك عمل نجاح الحساب الجديد على توجيه الرياضيين نحو دراسات ذات منحنى تحليلي .

في حين أن الجيومترية، ظلت قطاعاً تطبيقياً متميزاً، إلا أن الجيومترية اللامتناهية ومرتكزها

(1) راجع بهذا الخصوص دراسة في الكتاب 3 ، الفصل 3 من هذا القسم .

الجيومتريا التحليلية ، أصبحت موضوع العديد من الأعمال . في العقود الأخيرة من القرن ، وبتأثير من غاسبار مونج Gaspard Monge ، حصل تجديد غير متوقع في الجيومتريا الخالصة ، تجديد سوف يغير في مناخ مجمل البحوث الرياضية ، وامتد حتى القرن التالي .

١ - الجيومتريا الكلاسيكية

تطور الكتب المدرسية : ان توسيع تعليم الرياضيات خلال القرن 18 ادى إلى نشر العديد من الكتب المدرسية الجيومترية ، والتي قدم بعضها عناصر تجديد لا تنكر . في انكلترا ، في حين استمرت ترجمة عناصر اقليدس Euclide ، بقلم بارو Barrow (1655) تطبع وتعاد طباعتها حتى سنة 1751 ، عرفت ترجمات اخرى نجاحاً حياً ، ومنها ترجمات ج . كيل J. Keil (1708) و ر . سيمسون R . Simson (1756 ، حوالى 30 طبعة) واقتباس ج . بليفيير J . Playfair (1795) . وفي البلدان الأخرى الغربية ، تخلت غالبية الكتب المدرسية التعليمية عن الدقة وعن الشكلية الاقليدسية ، لكي تعتمد عرضاً أكثر تحديداً ، وافضل ملائمة للاهتمامات التربوية . وفي حين ارتدى التعليم في ألمانيا صفة عملية خالصة ، كانت الكتب المخصصة للمطابقين ، في فرنسا ، مثل كتاب س . لكلرك S. Leclerc ، تنافس كتاباً أخرى كانت ، بحسب المثل الذي قلعه راموس (1569) Ramus وانطوان آرنولد Antoine Arnauld (1667) ، تحاول عرض مبادئ الجيومترية بشكل طبيعي أكثر من اقليدس . ولم يأنف كليرو Clairaut من نشر « العناصر الجيومترية » (باريس 1741) ، حاول فيه ، وهو يرفض كل دقة شاقة ، وبعد اللجوء إلى الحدس ، ان يعود إلى طريق الاكتشاف . وساعد نجاح الافكار الموسوعية وحساسية كوندياك على نجاح هذه الطريقة الجديدة ، التي لاقت ، مع ذلك ، معارضة واضحة ، في آخر القرن . هذه العودة إلى الدقة برزت من خلال كتابين أثرت طبعاتها العديدة وترجماتها بشكل دائم في تعليم الجيومتريا في العديد من البلدان وهما : عناصر الجيومتريا لـ « ليجندر » (ط 1 ، باريس 1794) و « العناصر » لـ س . ف . لacroix (ط 1 باريس 1799) .

الفحص الانتقادي لبديهية المتوازيات : في هذه الأثناء ، وعلى مستوى اعل ، جهد بعض المؤلفين ، في تحسين دقة العمل الاقليدسي ، وبصورة خاصة ، إزالة الغموض الذي يحيط بالبديهية الخامسة الشهيرة ، حول المتوازيات .

في سنة 1693 ، ترجم ج . واليس J. Wallis رسالة نصير الدين الطوسي Nasir al-din al-Tusi (القرن 13) حول البديهية الخامسة ، وبين ان هذه البديهية تعني القول بأن كل صورة لها صورة مشابهة ذات أبعاد كيفية ، وفي سنة 1733 ، حقق كتاب « اقليدس منظف من كل عيب » لليسوعي الايطالي جيرو لامو ساكريي Girolamo Saccheri ، تقدماً أوضح في فهم الطبيعة والدور الاسامي لهذه البديهية في بتيان العمارة الجيومترية .

وإن كان ساكيري قد انتهى أخيراً إلى صحة البديهية ، إلا أنه كان أول مؤلف يجرؤ على مواجهة دحضها ، وإلى استخلاص العديد من النتائج من هذه الفرضية . ورغم الأخطاء الموجودة في هذا المؤلف ، فإنه يشر بتكوين بناءات منطقية مستقلة عن البديهية الخامسة . إلا أن قلة انتشاره لم تمنع له التأثير في الأعمال اللاحقة .

وفي كتاب له ، نشر بعد موته (نظرية المتوازيات 1786) يتساءل ج . هـ لامبير بدوره حول صحة البديهية المشهورة ، ويبيّن أن الجيومتريا الكروية ، والجيومتريا حول كرة خيالية ، تتيحان تصور نتائج دحضها ونفيها . في سنة 1795 عمم ج بليفير J. Playfair ، مستعيداً فكرة لبروكلوس Proclus ، صيغة جديدة للبديهية ، أصبحت الآن كلاسيكية ، في حين أوضح ليجندر ، في مختلف طباعات « عناصره » أوجهاً مختلفة لنظرية المتوازيات ، رابطاً بصورة خاصة صحة البديهية بكون مجموع زوايا المثلث الداخلية تساوي 180 درجة . ولكن جدوى هذه البحوث سوف تنكشف سريعاً بأعمال مبدعي الجيومتريات غير الإقليدية : غوس ولوبا تشيفسكي Lobatschevski وبوليا Bolyai الذين سندرسهم في المجلد اللاحق .

البعد و الرسم المنظوري Perspective - وهناك ثورة أخرى في مجال الجيومتريا حصلت في القرن 18 : وهي حصول تحويلات جيومترية أدت ، في القرن اللاحق ، إلى خلق الجيومتريا الحديثة .

تقنية تعود أصولها إلى ما قبل التاريخ ، هذه الرؤية قلماً درست ضمن مظهرها الجيومترى الأساسي إلا إنطلاقاً من القرن 15 ، حين جمع مختلف الفنانين الإيطاليين ، لورنزو جبرتي Lorenzo Ghiberti وفيليبو برنولشي Filippo Brunelleschi ، وليو باتيستا البرتي Leo Battista Alberti ، وبيرو دلا فرانسيسكا Piero della Francesca ، وليونارد دا فينشي Léonard de Vinci ، وبنفنيو سيليني Benvenuto Cellini ، العناصر الأولى لنظرية حول البعد ، ليستخرج منها طريقة تصويرية graphique بسيطة وعقلانية . في سنة 1505 عرض جان بليرين Jean Pélerin بوضوح أسلوب نقطة الحرب . ونشر العديد من كتب المعالجات الأخرى في القرن 16 من قبل : دور (1525) ومن قبل إيطاليين آخرين : كوماندينو Commandino (1558) ، د. بارباور D. Barbaro (1559) ، جاكوبو باروزي وي دانتي Guido baldo del Monte (1600) ، الخ .

. وفي القرن 17 انتقل « البعد » إلى البلدان المنخفضة مع ستيفن Stevin (1605) ، وسالمون دي كوس Salomon de Caus (1612) ومع فر . ديغويون Fr. d'Aiguillon (1613) ومارولوا Marolois (1614) ثم إلى فرنسا ، حيث صدرت ثورة من الكتب حول البعد ، أغلبها موجه ، نحو التطبيقات العملية : ج . ل فوليزارد J. L. Vaulezard (1631) وج . آليم J. Aleaume (1643) ، وج . دوبريل J. Dubreuil (3 مجلدات 1642-1649) ، وآ. بوس A. Bosse (مجلدان 1648 - 1653) ، الخ . وأول كاتب فهم بوضوح دور البعد ، باعتباره إسقاطاً مركزياً ،

وما يمكن أن يلعبه في الجيومتريا هو جيرار ديزارغ الذي وضع في «مسودة المشروع» (1639) أسس الجيومتريا الإسقاطية في المخروطات⁽¹⁾. وحاول أيضاً أن ينشر في عالم الممارسين طرق بعد أكثر دقة. ولكن رغم تأييد التلامذة: بوس، باسكال وفي. دي لاهير Boss, Pascal et Ph. de la Hire، لم تلاقى عارولة ديزارغ Desargues إلا القليل من الصدى. وفي إنكلترا، لم يبدُ التجدد الجيومترى الذي بعثه نيوتن وكأنه قد امتد إلى التطبيقات.

إلا أن القرن 18 شاهد عديداً من الرياضيين يهتمون بحماس بمبادئ البعد، وينشرون كتباً ممتازة: غرافساند Gravesande (1711)، وبروك تايلور (1716 - 1719) وج. هـ لامبير (1759 - 1774). وهذا المؤلف الأخير، الدائم والعميق الأصالة، استطاع أن يسيطر على مجمل الأسس الجيومترية للرسم المنظوري والتقنيات البيانية القريبة. وأنه في بداية القرن 19 فقط أخذت الطرق البيانية تعود إلى الظهور في مجال الجيومتريا الإسقاطية. هذا التجدد هو النتيجة المباشرة للجهود الذي بذله غاسبار مونج Gaspard Monge (1746 - 1818) لكي يعيد إحياء مختلف فروع الجيومتريا، وبصورة خاصة، نشر طرق الجيومتريا الوصفية.

نهضة الجيومتريا الوصفية - هذا الفرع الأخير من الجيومتريا ليس خلقاً ابتداعاً من مونج. إذ نجد أمثلة استخدام طريقة الإسقاط المزدوج في «اندرويسنغ» لدورر (1525) ثم في كتب «فن تقطيع الأحجار» = (Stéréotomie) لفريزيه Frézier (3 مجلدات 1737-1739؛ مجلدان 1760). ولكن أي مؤلف قبل مونج، لم يعرف كيف يوضح مبادئ هذه التقنية، وتطوير طرقها، ثم تعيين كل تطبيقاتها المشعة، سواء في مجال التقنيات أم في مجال الجيومتريا الخالصة وحتى في الجيومتريا اللامتناهية. وإذا كان مونج قد علم الجيومتريا الوصفية منذ ما قبل 1770 لتلامذة مدرسة الهندسة في ميزير واستخدمها في عدة مذكرات لاحقة إلا أنه لم يقدم عنها عرضاً إجمالياً إلا في كتابه «جيومتريا وصفية» (باريس 1799) الذي أورد نصوصاً حروسة إلى تلامذة مدرسة دار المعلمين سنة 1795. وأصبح هذا الفرع الجديد للجيومتريا كلاسيكياً في الحال. ونشره تلامذة مونج بسرعة فائقة، مع إعطائه أحياناً صفة خصوصية ربما كان الجيومترى الكبير يرفضها. وبهذا الشأن، ليست الجيومتريا الوصفية بالنسبة إلى مونج إلا مظهراً من مظاهر نظرية الإسقاطات، وأداة مزدوجة الفعالية، أهميتها في مجال التقنيات البيانية، لا تنسي الجدوى الجيومترية الخالصة. وإذا كان مونج لم يطور في مؤلفاته النظرية العامة للإسقاطات، فإنه على الأقل قد وضع لها الأسس في تعليمه الشفوي. ولهذا سوف يقوم تلامذته المباشرين بالدراسة المنهجية للإسقاطات في الجيومتريا.

إنجازات متنوعة - هناك مساهمات أخرى للقرن 18، وإن تكن موزعة ومشقة، نستحق الإشارة إليها. فالإبتكارات الجيومترية المستحدثة فقط بواسطة البركار، والتي سبق ودرسها ج. موهر G. Mohr سنة 1672، نظريتها، بشكل مستقل ل. ماشيروني L. Mascheroni الذي ترجم كتابه

(1) راجع أعلاه الكتاب 1، الفصل 1 من هذا القسم.

« جيومتريا البركار » (باقي 1797) إلى الفرنسية بعد 1798 بدعم حماسي من بونابرت Bonaparte . أما المبتكرات بواسطة المسطرة والدائرة ذات الشعاع الثابت ، التي سبق ونظر بها موهر Mohr سنة 1672 ، فقد درسها سنة 1774 لاميير . وقد عرفت نجاحاً واسعاً في مطلع القرن اللاحق . وكذلك نظرية المستقيمت المستعرضة ، التي ساهم فيها ج . سيفا G. Ceva سنة 1678 مساهمة شهيرة سوف تكون موضوع بعض الدراسات قبل أن ينظر فيها بشكل أعم من قبل لازار كارنو Lazare Carnot سنة 1806 . نشر أيضاً إلى أعمال متنوعة حول جيومتريا المثلث (أولر ، ولاس ، الخ) ، حول مواضيع بنائية ، مثل المسائل الشهيرة التي وضعها كاستيلون Castillon ومالغاتي Malgatti . ونذكر أيضاً إعادة اكتشاف العلاقة التي سبق وعرفها ديكرات والتي تربط عدد الوجوه والزوايا وحفاقي متعدد الأوجه المحدد ، وذلك في سنة 1752 .

ويتأثر مستمر من نيوتن ، اهتمت المدرسة البريطانية كثيراً بالجيومتريا الكلاسيكية . ونيوتن وإن لم يخصص دراسة شاملة للهندسة الخالصة ، إلا أنه استخدمها استخداماً واسعاً في أعماله : من ذلك أن كتابه « المبادئ » يحتوي سلسلة مهمة من القواعد حول تولد المخروطات ؛ نذكر أيضاً توليده عن طريق الرسم المنظوري لمختلف أنواع المكعبات انطلاقاً من خمسة أنماط من الباريابولات المتباعدة . والدراسة الحديثة ، وكذلك النشر الجاري حالياً لمخطوطات رياضية تنسب إلى نيوتن ، من قبل د . ت . ويتسايد D. T. Whiteside ، تدل على أهمية البحوث التي أجراها مؤلف كتاب المبادئ ، في مجال الجيومتريا الخالصة ، وبصورة خاصة الجيومتريا الإسقاطية .

ويؤدي تحليل هذه النصوص إلى اعتبار نيوتن كواحد من أعظم عملي المدرسة الإسقاطية في القرن السابع عشر . ولتوضيح موقفه لا بد من إيضاح تبعيته المحتملة تجاه ديزاغ وسككال وف. دو لاميير ، ثم تقييم التأثير الذي أحدثته ، بشكل مباشر ، على تطوير الفكر الجيومتري البريطاني ، أعماله التي بقيت بشكل مخطوطات .

وعلى كل ومع الإكفاء بتأثير منشورات نيوتن ، يجب القول أن عدة قواعد وضعها ، عمت من قبل كوت أو مكالورين . وقد عرض هذا الأخير في كتابه جيومتريا أورغانيكا 1720 ، نظرية جديدة في وصف المخروطات كما قام بدراسة بعض المنحنيات ذات الدرجة العالية (مثل المنحنى اللبلاي ، الستروفويد ، متساوية الأبعاد) . وعمم أيضاً القاعدة الشهيرة المتعلقة بالهكساغرام المستور لباسكال ، في حين أن تلميذه م . ستوارت M. Stewart نشر العديد من القواعد الجديدة التي تتعلق بعضها بنظرية المتعرضات .

هذه النتائج المختلفة ، الحاصلة بلون خطة شاملة ، وجدت كل معانيها فقط في القرن التاسع عشر ، وذلك بمناسبة إقامة الجيومتريا الحديثة . إلا أنها - أي هذه النتائج ، وعلى موازاة الجهد الأكثر منهجية الذي بذله مونيخ - تدل على تجدد أكيد للإهتمام بمسائل الجيومتريا الخالصة .

2- الجيومتريا التحليلية

في بداية القرن الثامن عشر كانت الجيومتريا التحليلية ما تزال تحت تأثير واضح من أفكار ديكرت . فقد تصور هذا الأخير ، هذا العلم وكأنه تطبيق للجبر على الجيومتريا ، - إسم احتفظت به الجيومتريا حتى مطلع القرن التاسع عشر- أي ك تقنية ذات بنية جبرية متكيفة مع حل المسائل ذات الجوهر الجيومترى ، المسائل التي لا تدخل في الحقل العادي التطبيقي للخصائص الكلاسيكية المشتمة من كتاب العناصر لإقليدس .

فالمناحنات لم تدرس لذاتها ، سندا لمعادلاتها ، والإهتمام أنصب تقريباً على المعادلات التي بدت كحلول لمسائل جيومترية ، وفي هذا فهم يؤدي عملياً إلى إستبعاد العناصر من الدرجة الأولى مثل المستقيمات والمسطحات ، بإعتبارها مرتبطة مباشرة بتحليلات الجيومتريا الخالصة .

فضلاً عن ذلك لم تكن الجيومتريا التحليلية الفضائية موضوع أبة دراسة ، وإستعمال محور وحيد ، على السطح ، يدخل تفارقاً (dissymétrie) مصطنعاً بين الاحداثين . وبفضل الدراسة المنهجية للمناحنات السطحية ، عن طريق فحص المسائل ذات الأبعاد الثلاثة ، وبعد ترتيب المبادئ الأساسية ، حقق القرن الثامن عشر الانتقال من تطبيق الجبر على الجيومتريا ، إلى الجيومتريا التحليلية الحديثة .

نظرية المناحنات السطحية . - في حين استعمل نيوتن في كتابه : ارتيتمكا اونيفرسالييس (حرره حوالي 1684 ونشر سنة 1707) ، إستعمالاً منهجياً للاحداثيات السلية ، وأدخل طريقة الأسات غير المحددة ، وذلك في كتابه « التعداد » . . . (كتبه سنة 1695 ونشره سنة 1704 كملحق في كتابه البصريات) ، واستخدم الطرق التحليلية في دراسة للمكعبات .

وقسم هذه المناحنات إلى 72 نوعاً - والسنة الأخرى سوف يكشفها شارحوه - وورع الأنواع إلى أصناف وإلى طبقات . وأوضح أن كل هذه المناحنات يمكن أن تنشأ ضمن الرسم المنظوري ، إنطلاقاً من خمسة منها . وأكمل نيوتن أيضاً طرق تحديد المسامات ذات الفروع اللامتناهية وكذلك طرق تحديد المنحنى ، وأدخل دراسة المنحنى المجاور لنقطه ، بواسطة تجذير تسلسلي للأسات . وقام العديد من تلامذته ، ومن بينهم ستيرلنج Stirling وماكلورين Maclaurin باستكمال هذه الدراسة للمكعبات ، في حين قام ديونيس سيجور Dionis ، وغودين Goudin ، وورنغ Waring ، وف . ريكاتي V. Riccati ، وسالاديني Saladini بدراسة تحليلية للمناحنات ذات الدرجة العالية .

والعمل الأكثر بروزاً في هذا المجال هو التدخل إلى تحليل الخطوط المنحنية الجبرية (جنيف 1750) لكتابه غبريل كرامر Gabriel Cramer الذي صنف المناحنات السطحية بحسب درجة معادلتها ، وركز إهتمامه الخاص على الفروع اللامتناهية وعلى النقط المفردة . وأثبت كرامر الذي تجنب اللجوء إلى موارد الحساب التكاملي ، أن منحنياً من الدرجة n يتحدد عموماً بإعطاء $(n+3)$ ($n/2$) نقطة ، ولكنه أشار إلى حالات الإستثناء .

وقدم كتاب أولر (مدخل إلى التحليل اللامتناهي) ، أيضاً مساهمة مهمة في نظرية المنحنيات السطحية . وأكد أولر في كتابه على تعادل محوري الإحداثيات ، وهذا المبدأ لم يطبقه أولر إلا بصورة جزئية . وأتاحت له دراسة مسبقة حول تغيرات الإحداثيات أن يصل إلى معادلة غروط ذي قطرين متزاوجين ، وإلى قطرين رئيسين ، وهذا أسلوب مكنه من تصنيف حديث ومن دراسة مفصلة لهذه المنحنيات . والبحث في الفروع اللامتناهية وخطوط التقارب طبق أيضاً في تصنيف المنحنيات من الدرجة 3 قوة . وأنت بعد ذلك الدراسة العامة لشكل المنحنيات ، وتفردا وإنحائها وللعديد من المسائل التطبيقية . وهذا الكتاب ، وإن لم يحقق تجديداً نهائياً في الجيومترية التحليلية ، إلا أنه سجل على كل حال إنجازات مهمة ، مركزاً بصورة خاصة ، على الدراسة المباشرة للمنحنيات ، معارضاً بذلك وجهة نظر ديكارت .

بدايات الجيومترية التحليلية الفضائية - بدأ تطبيق الجيومترية التحليلية على دراسة الصور ذات الأبعاد الثلاثة والتي نظر فيها ديكارت وفرمات ، ثم من بعدهما ، بشكل ادق ف . لاهير 1679 Ph.de Hire ، بدأ هذا التطبيق سنة 1700 ، من قبل آ . باران A.Parent الذي اعطى معادلة بعض السطوح ومنها الكرة والايبرولويد الدائر فوق جزء مغلق من سطح ، واعتبر أن سطوحها متناهية . وقدم أول كتاب شامل مخصص لتوسيع الجيومترية التحليلية ، وعنوانه «بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج» (باريس 1731 لمؤلفه آ . ك . كليرو A.C.Clairaut) قدم دراسة منهجية للعديد من أمثاط المنحنيات الفضائية والسطوح ، سواء من الناحية الجبرية أم من الناحية اللانهائية ، كما عرض أيضاً هذا الكتاب ، مع العديد من النتائج غير المنشورة من قبل ، طرقات مفيدة في البحث . وفي سنة 1732 عالج ج . هرمان مسائل متنوعة متعلقة بالسطوح ودرس عدة مساحات وخاصة السطوح الربيعية من الدرجة الثانية التي قدم عنها تصنيفاً ما يزال غير مكتمل .

والفصل الأخير من كتاب المدخل لاوولر ينسق بين هذه النتائج المختلفة ويدرس تغييرات المستحدثات في الفضاء ، ويقوم بدراسة تحليلية للسطوح من الدرجة الثانية بالمقارنة مع دراسة غروطوات ويقدم التصنيف الأول الكامل لهذه السطوح .

نشوء الجيومترية التحليلية العصرية - تقدم مذكرة لاغرانيج (حول الاهزات المثلثية 1773) وجهة نظر أكثر حداثة . فقد أراد أن يظهر قوة الطرق التحليلية فقطع كل علاقة ، وبصورة نهائية بالتراث الديكارتي ، مؤكداً على التساوي الكامل للعناصر من الدرجة الأولى ، مستقيمت و سطوح . ونجح هكذا في تبسيط الحسابات وفي تحسين الترقيمات وفي عرض النتائج بشكل تناظري وأكثر عمومية .

وفي مذكرات من نفس الحقبة يحل فيها مونج ، بشكل عرضي ، مسائل كلاسيكية متعلقة بالسطوح والمستقيمت ، اعتمد وجهة نظر مماثلة . ورمزيته تتلاءم تماماً مع طبيعة القضايا المدروسة . من ذلك انه ركز انتباهه الخاص على الجيومترية المتعلقة بالمستقيم ، وعلى العائلات المستقيمت ذات

البارامتر الواحد أو الاثنيتين (بارامتر = ثابتة) فادخل بعد 1785. الإحداثيات الشهيرة المحورية للمستقيم، والمسئلة إلى بلوكر Pluker الذي أعاد اكتشافها سنة 1865. وفي كتابه « اوراق تحليل » 1795 وهي نصوص لدروس أعطيت في مدرسة بوليتكنيك قدم مونج أول عرض شامل حول الجيومترية التحليلية الحديثة . هذه الدراسة للمقتضبة جداً تتميز بحس حاد للتناظر ، عن طريق استعمال الطرق الأنيقة والمباشرة ، بفضل رمزية مكتملة التنظيم . وتضمن كتابه « تطبيق الجبر على الجيومترية » والمنشور سنة 1802 مع هاشيت Hachette ، ويعناية فائقة ، تضمن تحليلاً معمقاً لتغيرات المستحذات كما تضمن دراسة مفصلة للسطوح من الدرجة الثانية ، تجلر توسع وتوضح دراسة أولر .

وبعد ذلك أصبحت الجيومترية التحليلية الابتدائية تعتبر وكأنها قد استكملت خطوطها الكبرى . وكثرة الكتب الحديثة المتداولة ، ومنها كتاب لأكروا 1798 ، والذي ظهر في فرنسا في مطلع القرن التاسع عشر تدل على ان التقدم المحقق قد هضم أنياً وبصورة نهائية ، مما فتح الطريق أمام تطورات جديدة وأمام تطبيقات غنية .

3 - تطبيق التحليل على الجيو مترية

البحوث الأولى - رغم الحصول على بعض النتائج الجزئية في السابق ، من المؤكد ان نشأة الجيومترية اللامتناهية هي نتيجة مباشرة لتأسيس التحليل ، وهي إحدى تطبيقاته .

وإذا كان نيوتن وتلامذته قد فضلوا اللجوء إلى الطرق الجيومترية التي كانت عند الأقدمين ، ولم يعودوا يهتمون إلا بصورة استثنائية بالتطبيقات الجيومترية للتحليل ، فإن مدرسة لينينز بالمقابل ، قد حققت بخلال السنوات الأخيرة من القرن 18 ، في هذا المجال حصداً غنياً جداً ؛ تحديد أشعة المنحنيات ، ونقاط الانكسار ، وتحديد الخطوط المطورة والخطوط المطورة ، وغلافات عائلات المستقيمات ذات الثابت ، والمساقط المستقيمة لبعض عائلات المنحنيات ، والخطوط الجيوديزية لبعض السطوح الخ .

إلا ان الاهتمام بهذه المواضيع قد خف فيها بعد ليعود من جديد مع « بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج » لكليرو . وهي بحوث غنية من هذه الزاوية كفتي الجيومترية التحليلية . ولكن للأسف التفت كليرو ناحية مواضيع أخرى في البحوث ، ولم ينشر ، في هذا المجال إلا دراسة حول الخطوط الأقصر بين نقطتين (جيوديزيك) فوق سطوح في حالة الدوران .

ولم يعمل أولر ، رغم انه محل قبل كل شيء ، التطبيقات الجيومترية حول الحساب . وفي سنة 1728 ، باشر بذات الوقت مع جاك برنولي دراسة الخطوط الأقصر (جيوديزيك) وهي منحنيات شرح في سنة 1736 معناه الميكانيكي وجرت دراسته لحساب التغيرات ، سنة 1744 ، إلى تعريف المساحات الدنيا (ذات الانحناء الكامل الثابت) ، وقد أعطى عنه المثل الأول - وقرر لاغرانج بشأنه معادلة المشتقات الجزئية في سنة 1762 . وباشر أولر موضوعاً جديداً تماماً وهو يدرس ، في نقطة M ، من مساحة

معينة S، شعاع الانحناء لمختلف الأقسام المسطحة في S، المارة من هذه النقطة. وانتهى إلى صيغة شهيرة تعبر عن هذا الشعاع تبعاً لاشعة انحناء القسمين العموديين الحاصين أو القسمين الرئيسيين. ونشير أيضاً إلى دراسته للتمثيل الأيزومتري (حيث تكون محاور التقارب متساوية) للسطوح (1770). كما نشير إلى دراسته حول المساحات القابلة للتطور حيث يستعمل لأول مرة إحداثيات منحنية فوق سطح.

مونج وتجهيد الجيومترية اللامتناهية - رغم القيمة الأكيدة للدراسات أولر الجيومترية فإنها تحتفظ بنوع من الجفاف ناتج عن سميتها التحليلية المباشرة. ولم يكن أحد يهتم يومئذٍ بالمظهر الجيومترية لهذه المسائل، عندما قام غسبار مونج سنة 1771 ببحوثه الأولى حول الجيومترية اللامتناهية. ومن سنة 1771 إلى 1807 قدم الجيومترية العظيم نتائج ذات أهمية بالغة، وجدد بصورة كاملة طرق الدرس في هذا المجال.

كان مونج موهوباً بحس استثنائي حول الواقع الفضائي، كما كان بذات الوقت معلماً ذا قيمة، والصفة الأساسية في عمله هي الرابط الثابت الذي يبرز فيه، بين مختلف المظاهر التحليلية والجيومترية والعملية في كل مسألة. هذه الرؤية الشاملة اتاحت له أن يختار في كل مرحلة من مراحل التحليل العقلي الطريقة الأكثر مباشرة والأكثر خصصاً، ثم استحلاب النتائج الأكثر تنوعاً من كل حصيلة.

أول عمل قام به مونج (صيفة أولية نشرت سنة 1769، وصيفة نهائية حوت سنة 1771 ونشرت سنة 1785) هو دراسة شاملة للخصائص العامة للمنحنيات الفضائية، وهي دراسة تتضمن العديد من النتائج المهمة والجديدة المعروضة بشكل انيق: تجهيزات منحني في الفضاء، سطح قياسي Rectifiante، كرة تماسية، انحناء والتواء الخ. وعاد مونج سنة 1775، بعد أولر، إلى دراسة السطوح القابلة للتغير والنشر، وأعطى عنها عرضاً جيومترياً شاملاً، وتفسيراً تحليلياً مركباً على دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية $z^2 - x^2 - y^2 = 0$ ، وتطبيقاً لنظرية الظلال وأشباه الظلال. وفي سنة 1776 قدم تلميذه مونسنيه Meusnier دراسة جيومترية حول انحناء المساحات تضم القاعدة الشهيرة التي تحمل اسمه، ودعماً جيومترياً للمعادلة ذات المشتقات الجزئية للسطوح الدنيا. وبعد ذلك بقليل، وانطلاقاً من مسألة عملية «تفريغ ودمل» أدخل مونج دراسة عائلات المستقيمات ذات الثابتين (تساوي الشكلين) ثم، حول انتباهه إلى تطابق الخطوط العمودية فحدد خطوط الانحناء في سطح ما ثم عرض خصائصه الأساسية. وبالموازاة درس مختلف عائلات السطوح وعلاقتها بمعادلاتها ذات المشتقات الجزئية: درجة أولى (الأسطوانات، والمخروطات الخ)، درجة ثانية (سطوح قابلة للنشر، وسطوح منتظمة ذات سطح موجه الخ) ودرجة ثالثة (سطوح منتظمة بمائة الخ).

وجرت طريقته في التكامل الجيومترية إلى دراسة أغلفة السطوح، والمميزات، الخ، كما جرت إلى إدخال تغييرات تماسية. وبعد 1795 عرض على تلامذة المدرسة البوليتكنيك النتائج الأساسية للعلم الجديد الذي خلقه.

وأعيدت طباعة نص دروسه التي نشرت سنة 1795 و1799 تحت عنوان « اوراق تحليل مطبق على الجيومتريا »، بشكل اكمل في كتابه الكبير الكلاسيكي وعنوانه « تطبيق التحليل على الجيومتريا (1807) ». واستخدم هذا الكتاب كدليل للعديد من الجيومترين في بداية القرن التاسع عشر.

وهكذا وبفضل الطرق والنتائج الجديدة التي ادخلها مونج ، وبفضل ايضاً الحساس الذي عرف كيف يبعثه في البحوث المتعلقة بهذا المجال، نجح في تجديد المضمون والعقلية في الجيومتريا اللامتناهية ، تجديدًا كاملاً . وتأثيره سيكون دائماً ، ومضافاً الى نجاح الجيومتريا الوصفية ، سوف يعطي للبحوث الجيومترية مكانة فقدتها منذ زمن طويل .

الفصل الثاني :

تنظيم الميكانيك الكلاسيكي

لقد غيرَ النمو العجيب للمعارف العلمية بخلال القرن السابع عشر ، والوعي المتزايد والدقيق للطريقة التجريبية ، وتطور الاداة الرياضية من القاعدة الثلاثية حتى الحساب التكاملي ، كل ذلك غير بصورة تدريجية سمة الكتابات العلمية التي اخذت تنتظم ضمن مجالات علمية محددة . وعصر الانوار ، الذي نرى هذه المكتسبات ، قد يكون جهل المخاوف الميتافيزيكية عند مبدعي العلم الكلاسيكي ، ولم يأخذ عنهم الا تراثهم الايجابي . ويدولنا ، ان هذا الوضع لم يكن بارزاً وواضحاً ، في اي مجال ، كما كان في الميكانيك . وغايتنا ، من خلال هذه الصفحات القليلة ، هي محاولة التثبت من هذا العنصر الرئيسي للفهم . ولكن قبل ان نشرع في الانجازات المميزة للقرن 18 ، يجب أولاً الالتفات الى نقل رسالة القرن 17.

I - انتشار النيوتونية

ردة فعل انصار نيوتن - في انكلترا بالذات لم ينتشر نظام نيوتن الا ببطء . ودروس نيوتن المختصرة في كمبريدج كانت قلما تتبع ، لانها كانت شاقة صعبة ، هذا اذا صدقنا ويستون Whiston الذي خلف نيوتن في كرسية . وكان « كتاب الفيزياء » لروهولت Rohault ، وقد ترجم الى اللاتينية ثم الى الانكليزية ، قد شكل اساس التعليم . ولقد كان صمويل كلارك Samuel Clarke قد ارفق بالطبعة الانكليزية سنة 1723 لنص روهولت ، بشروحات كانت اما مقتطفات من نيوتن ، او تأويلات تشكل في اغلب الاحيان دحضاً حقيقياً له .

وهكذا استمرت فلسفة نيوتن في طريقها الى كمبريدج تحت حماية الديكارتي .

وكان انصار نيوتن قد نعموا من انغلاق القارة في وجههم فقرروا الهجوم المعاكس : واخذت مقدمة روجر كوت Roger Cotes للطبعة الثانية من « المبادئ » (1713) على الديكارتيين انهم لجأوا بأنفسهم الى الصفات الخفية التي هاجموا ، وذلك بواسطة الاعاصر المتكونة من مادة مصنوعة على هوامم ، ولا تقع تحت رقابة اي حس . ولكن النيوتنيتين نقلوا المعركة بصورة اساسية الى الحقل

التيلولوجي فقد اتهموا الديكارتيين انهم وقعوا في الاحاد الأكثر حقارة وذلك عندما أنكروا التدخل الثابت للإرادة الإلهية في ظاهرات الطبيعة .

وقد تصدى لهذا الهجوم لينز : وكان النزاع الشهير الذي قام بينه وبين صموئيل كلارك والذي استمر حتى وفاة لينز . وكان الأخير يتسلل بالهزم من التيلوجيا النيوتنية، وخاصة من إرادة جعل الفضاء المطلق عالم الحس Sensorium عند الله . وأدى ذلك الى تأخير انتشار النيوتنية .

بروز النيوتنية فوق القارة - في سنة 1730 كان هناك من انصار نيوتن في هولندا (ومنهم غرافساند Gravesande وموشن بروك Musschenbroek) ، ولكن لم يكن منهم أحد في فرنسا حتى ذلك الحين ، ويعود الفضل الى موريتوي Maupertuis انه ادخل النيوتنية الى اكااديمية العلوم . فلنستمع اليه :

« كان لا بد من مرور نصف قرن لتألف اكاديات القارة مع الجاذبية . لقد بقيت هذه الجاذبية محبوسة في جزيرتها . وإن هي اجتازت البحر فلم تكن الا صورة عن وحش سبق وقضي عليه . وكان الناس فرحين كثيراً انهم ابعدوا عن الفلسفة الصفات الخفية ، فقد كانوا يخشون من عودتها كثيراً ، وإن كل ما كان يظن انه ذو علاقة بها او يشبهها اقل الشبه كان مفرعاً . وكان الناس مأخوذين بانهم ادخلوا في تفسير الطبيعة نوعاً من الميكانيكية حتى انهم رفضوا دون الاستماع الى الميكانيكية الحقة التي جاءت تعرض عليهم » .

وشرع موريتوي بحلل منطقياً المبادئ الديكارتية وبين ان هذه المبادئ لا يمكن ان تستند الواقع الفيزيائي ، وبالتالي فإن الخطر الميتافيزيكي المقرر ضد الجاذبية ليس له ما يسره : ولا يوجد علاقة ضرورية بين الفضاء الواسع والانغلاقية . والجاذبية ليست بصورة مسبقة ، أقل قابلية للقبول من الدفع . وحتى عندما تعتبر الجاذبية كصفة ملازمة للمادة (وهذا ما رفض نيوتن القول به) ، فانها من الناحية الميتافيزيكية ليست مستحيلة ولا تقوم على التناقض . وعندئذ يكون من الافضل عدم اعتبار التدخل المحتمل للجاذبية الا كمجرد مسألة واقعية .

وكان لموريتوي تلميذ بارز في شخص فولتر Voltaire ، حيث صرح عن نفسه بأنه نيوتني في رسائله الفلسفية لسنة 1734 ، وكتب في سنة 1738 « عناصر فلسفة نيوتن » وهو كتاب تبسيطي قصد به طمأنة قرائه « انهم يحترمون نيوتن » . ويعود الى فولتر ايضاً وضع مقدمة الترجمة الفرنسية لكتاب « المبادئ » ترجمة قامت بها المركيز دي شاتليه Châtelet بالتعاون مع كليرو . في هذه المقدمة بهاجم فولتر كل الجيل الذي شاخ ، في اضمال ديكارت ورفض انوار نيوتن . وهكذا احتاجت النيوتنية لتدخل الى القارة الى حوالي خمسين سنة . وبهذا الشأن تكون المعركة الكبرى من اجل البحث عن الحقيقة التي وسمت القرن السابع عشر بطابعها لم تكتمل الا في 1738 . واخذ العلم الانكليزي يتلاشى كالنار انهمكة ثقل العمل العظيم ، عمل نيوتن . وانتقل المشعل الى القارة التي رفضته لمدة طويلة .

II - الميكانيك العقلاني

اولر وميكانيك النقطة: - في سنة 1736 قدم اولر اول كتاب بحث فيه ميكانيك النقطة المادية وعرضه كعلم عقلائي (analytice exposita). وقد اخذ اولر فكرة القوة عن علم الستاتيک ، باستثناء القول - ان لم يكن الاثبات - بان قواعد التبادل وتركيب القوى الستاتية تمتد لتشمل المفاعيل الديناميكية لهذه القوى. ويبدو الجرم عند اولر كمفهوم مشتق، باعتبار القوة تحتل المقام الاول، تبعاً للتراث النيوتني.

مبدأ دالمبير D'Alembert - عرض دالمبير فلسفته الميكانيكية في خطاب اولي في كتابه « كتاب الديناميك » (1743) وبعد توضيح طبيعة الحركة وقوانين اتصال الحركات بين الاجسام، بدا الميكانيك، وعلى الاقل ميكانيك الجسيمات، كعلم جذري اصيل، تفرض مبادئه حقيقة ضرورية. ورغم تنكر دالمبير للتراث الديكارتى فهو ينطلق منه، عندما يقترح، ان لم يكن ابعاد القوة المولدة للتسارع عن الميكانيك، فعل الاقل جعل هذه القوة مجرد فكرة مشتقة اما الاولية فتعطى للجرم وللنواصر الحركية الخالصة.

ان المسألة العامة في الديناميك التي يطرحها دالمبير على نفسه هي التالية :

نفترض وجود نظام من الاجسام مرتبة بعضها الى بعض بشكل من الاشكال. ونفترض تحريك كل جسم من هذه الاجسام بحركة خاصة، لكنه لا يستطيع الاستجابة لها بسبب تأثير الاجسام الاخرى: فتش عن الحركة ، التي يتوجب على كل جسم اتباعها .

يقول دالمبير : « يمكن دائماً اعتبار كل حركة من الحركات a, b, c, \dots المفروضة على كل من الاجسام المختلفة A, B, C, \dots التي تشكل الانظمة المعنية ، وكأنها مؤلفة من حركتين : a, α, \dots و b, β, γ, \dots حيث تكون a, b, c الحركات المتبعة حقاً ، اي الحركات المطلوبة و α, β, γ هي الحركات التي يبطئ بعضها بعضاً من جراء الاتصال » .

وهذه هي التحليلات التي قدمها دالمبير كمبدأ : « حلل الحركات a, b, c المضغوطة على كل جسم ، كل واحدة الى حركتين اخريين $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ ؛ بحيث انه لو ضغطنا على الاجسام الحركات a, b, c لكانت هذه الاجسام استطاعت الاحتفاظ بهذه الحركات بحيث لا يضر بعضها ببعض ؛ وانه لو لم نضغط عليها الا بالحركات α, β, γ لظل الجهاز كله في حالة سكون. من الواضح ان a, b, c هي الحركات التي تتخلعها هذه الاجسام بفضل قوة هذه الحركات . وهذا ما يجب العثور عليه » .

واذا كان مبدأ دالمبير واضحاً جداً، فان التحليلات التي يلجأ اليها لا تخلو ان تكون مصطنعة . وقد حكم لاغرانج بهذا وفضل على الصعبد العملي « اقامة التوازن بين القوى والحركات المولدة ، انما على ان تتخذ بالاتجاه المعاكس » . هذه الطريقة أشار إليها هرمان 1716 واولر 1740. هذه الاسبقية،

مضافة الى اسبقية جاك برنولي الذي عرف كيف يرد مسألة مركز التارجح الى مسألة توازن العتلة (1703) تركت لداميرير الفضل في وضع اطروحة عامة ترتبط مباشرة بالمبادئ . .

قبل غالباً بان مبدأ داميرير يتيح رد الديناميك الى الستاتيک ، ورد مسألة الحركة الى مسألة التوازن وهذا غير صحيح ، بالتعميم المطلق ، الا بالنسبة الى وضع المعادلة .

وطبق داميرير، بصورة منهجية مبدؤه على دراسة كل المسائل التي ظهرت في « كتابه » ، سواء تعلق الامر باجسام مرتبطة بخيوط أو بأعواد ، بأجسام متارحة فوق سطوح وعلى مسائل تتعلق بقرع أو ترجيح .

ونفاد داميرير كل لجوء الى مبدأ الحفظ ، حفظ القوى الحية ، واعتبر أن هذا الحفظ هو نتيجة لقوانين الديناميك ، بالنسبة الى انظمة الارتباط المؤلفة من خيوط أو من قضبان لا تنحني ، وكذلك بقوانين صدم الاجسام المطاعة . وثبتت من هذه النتيجة في عدة حالات خاصة

مبدأ الفعل الاقل - تدخل مويرتوي Maupertuis سنة 1744 في النقاش حول « مبدأ الاقتصاد الطبيعي » ، الداخلى في نطاق البصريات بفضل فرمات حوالي ⁽¹⁾ 1664 ، وبحث عن مبدأ تفييري يتلاءم مع رأيه حول تناسب سرعات الانتشار مع مؤشرات الانكسار الضوئي . ولا تكن الغرابة في وصوله الى المبدأ . ذلك انه مدد هذا المبدأ بشكل عفوي فاشمله نطاق الديناميك ، واعلن عن مبدأ ميكانيكي صالح بالفعل . ومن خطأ بصري لا يمكن مؤاخذه عليه لانه كان خطأ عصره اي خطأ نيوتن Newton ضد هوغنس Huygens ، جعل منه بالصدفة حقيقة ميكانيكية ويرى مويرتوي Maupertuis ان الشيء الذي تقتصد به الطبيعة هو كمية العمل $mv s$ ، وهو حاصل ضرب الجرم بالسرعة بالطريق المقطوع .

ويشكل قانون الانكسار الذي وضعه سنيليوس Snellius - ديكارت Descartes ، وفرضية التناسب في سرعات الضوء مع مؤشرات الانكسار ، وفرضية العمل الاقل بالمعنى الذي قصده مويرتوي ، كل هذه تشكل مجموعاً متناسباً . واثبت هذا التناسب سهل ولهذا من المسموح به الافتراض ان مويرتوي عكس ترتيب العوامل وهو يتظاهر بأنه استخرج هذا التوافق من مبدئه الخاص : وبصورة ايسط يبدو انه وضع (او اخذ عن لينيز) فكرة العمل بقصد هذا الاتفاق . . ولكن مويرتوي لم يقف عند هذا الحد : فقد رأى في العمل الاقل التعبير عن سبب نهائي بل البرهان على وجود الله :

« لا يمكن ان نشك ان كل الاشياء ليست منظمه من قبل كائن اسمى خصص ، وهو يعطي للمادة قوى تتم عن قدرته ، خصصها لتنفيذ مفاعيل تدل على حكمته »

كان مويرتوي اكثر وضوحاً في مجال قوانين الصدمة ، اذ عرف كيف يربطها بمبدئه الخاص.

(1) انظر أيضاً الفصل الأول من الكتاب 2 من القسم 3

(1747). والعمل الشامل في صدم جسمين ، يمكن ان يترجم « بمجموع القوى الحية والتي ولدتها السرعات الضائعة ». هذا المجموع هو بالفعل اقصى ، وذلك سواء كانت الصدمة طرية او مطاطة ، هذا اذا افترضنا فضلاً عن ذلك ، حفظ السرعة النسبية العادية في الصدمة المطاطية ، وقبلنا ايضاً الغاء هذه السرعة النسبية في الصدمة الطرية . هنا ايضاً بدا مويرتوي محظوظاً لانه نجح في توليف تركيبة .

كان على مويرتوي ، وخطاه الوحيد ، كما صرح بسذاجه ، انه اكتشف ميذاً اثار بعض الضجة ، فكان عليه ان يتحمل المجادلات الاكثر حدة . فقد رأى كونيغ Koenig يهاجمه 1751 ويتهمه بالسرقة من لينينز في حين ان هذا الاخير ، لم يتكلم الا عن الحفظ لا عن العمل الاذن ، كما هزى منه فولتير بشكل قبيح ، في حين انه في طبعة 1758 من كتابه « حول الدينامييك » شجب دالمبير النجوى الى الاسباب الغائبة .

في هذه الاثناء اعطى اولر لعمل مويرتوي ، وتمت شكل المتكامل $\int m v ds$ كملحق في كتابه حول حساب التغيرات 1744 ، حق المواطنة من الناحية الرياضية وبشكل لا جدل فيه . واثبت اولر بهذا ان عمل مويرتوي بلغ الذروة في سقوط الاجسام ، وفي حركة نقطة خاضعة لقوة مركزية وحتى في حركة نقطة جذبها علة غير علة من المراكز الثابتة . وكان على اولر ان يحكم في النزاع حول العمل الاذن 1753 ، فحكم ضد اطروحة كونيغ واعترف لمويرتوي بأبوة هذا المبدأ .

أولر ، وميكانيك الجسم الجامد - في سنة 1760 نشر أولر نظرية حول ميكانيك الجسم الجامد وهو كتاب روجع فيما بعد وزاد عليه ابنه في طبعة ثانية صدرت سنة 1790 . وحدد أولر في كل جسم صلب مركزاً للجرمه او مركز جوده او ثبات ، وهي فكرة معلقة بفعل الجمود وحده ، بصرف النظر عن القوى التي تخضع لها هذا الجسم ، وبالتالي اقل ضيقاً من نظرية مركز الثقل ، التي تشير ببساطة الى الجسم الوزان . وقد حدد أولر عزوم الجمود ، وهي مفهوم حركي بقي كلاسيكياً وقد فات هويجنس Huygens الامر الذي اجبره على التوارية او التعمية .

وفكك أولر حركة الجسم الجامد الحر الى حركة في مركز جوده ، ودوران حول محور يمر في هذا المركز . وفي هذا الكتاب لأولر ظهرت لأول مرة المعادلات التفاضلية الكلاسيكية التي تحكم حركة جسم جامد حول نقطة ثابتة وحيث تظهر بشكل حصري ، مع عزم القوى المطبقة على هذا الجسم الجامد ، مكونات الدوران الآلي للجسم الجامد ومشتقاتها ، وكذلك عزوم جوده الجسم حول النقطة الثابتة .

بوسكوفيتش . والفعل من بعيد - في مواجهة المحللين الذين لا يفضل عملهم عن تطور الرياضيات الخالصة . كان على الميكانيك في القرن الثامن عشر ان يفسح المجال امام فيزيائي اسم عمله بالغلانية التي لم تقلد قيمتها الا بعد قرن من الزمن .

ان النظرية الفلسفية الطبيعية ، وهي كتاب وضعه ر . بوسكوفيتش R. Boscovich ، ونشر في فيينا سنة 1758 ، هذا الكتاب يمتج وينشر افكاراً وضعها الكاتب قبل عشر سنوات ، في مطلع تعليمه بالكلية الرومانية . وكان العالم اليسوعي الراغوزي Raguse (في الوقت الحاضر دوبروفنيك) نيوتونياً

نقاداً يتم كثيراً بالمفاهيم الاساسية، أكثر من اهتمامه بوضع المعالجات الرياضية للقضايا الفيزيائية .

وقد اشار الى التقطع المزعج الذي تقود اليه المفاهيم التوتونية كما تقود اليه المفاهيم الديكارتية ، ثم عمم بشكل جذري الفعل من بعيد بين نقطتين ، كمبدأ اولي اسامي ينطبق على تفسير كل الظواهر ، واحتفظ بجوهرية المادة واقصاً امتداد الجزئيات الاولى ، وادخل - لكي يمثل بصورة بيانية القانون العام للقوى تبعاً للمسافة - منحى تجويفياً يتوافق مع تناوب الجذب والدفع .

هذا التناوب يسمح باظهار ، وبأن واحد ، مختلف حالات المادة ، واستقرارية الانظمة المادية . واعطى بوسكوفيتش لمفهوم الاتصال الميكانيكي معنى ديناميكي غير قابل للتمثيل ، بفعل التحليل الرياضي السائد في عصره ولهذا لم يكن من الغريب ان لا يعكس عمله تأثيراً الا انطلاقاً من المجادلات التي ثارت في القسم الاخير من القرن التاسع عشر بفعل علم الطاقة وعلم الذرة ، مع او ضد استعمال النماذج والصورة التي تتناول الاشياء التي لا تمكن ملاحظتها .

III - ميكانيك الموائع

علم السوائل الثابتة (ايدروستاتيك) عند كليرو Clairaut ، وشكل الأرض - عاد كليرو بعد هويجنس ونيوتن الى مسألة صورة الأرض ، فاضطر الى البحث عن الشرط الأكثر عمومية لتوازن كتلة سائلة . ان الشكل الأكثر افادة في مثل هذا الطرف هو شكل قناة كليرو :

« حتى تستطيع كتلة من المائع ان تكون بحالة توازن ، يتوجب ان تكون جهود كل اقسام من المائع محبوسة ضمن قناة مغلقة على نفسها بحيث تحطم هذه الاقسام بعضها بعضاً » (نظرية صورة الأرض ، باريس 1743) .

واهتم كليرو ، في ضوء هذا المبدأ بتوازن كتلة سائلة ذات وزن وبحالة دوران حول محور . وحتى يتم التوازن يجب ان تلعب الجاذبية دوراً في الشروط : ان تفاضلية الجاذبية يجب ان تكون تفاضلية تامة (التفاضلية تعني تزايداً بطيئاً وصغيراً في الدالة الرياضية يعادله تزايد شبيه به في المتغير) .

وقد اظهرت القياسات المقارنة لدرجات خط الهاجرة الارضي ، وبخاصة قياس خط الهاجرة الارضي الذي تم في لاپونيا Laponie ، تسطحاً في شكل الأرض بمعدل 1/300 اصغر بالتالي من التسطح الذي قال به نيوتن ، واستنتج كليرو Clairaut ان الأرض مكونة من طبقات أكثر تسطحاً كلما كانت أكثر بعداً عن مركز الأرض . ذلك أن التسطح يتبع قانوناً متعلقاً بانخفاض الثقل النوعي لما بين المركز والسطح .

الهيدروديناميك (أو حركية الموائع) عند دانيال برنولي Daniel Bernoulli وسوائلية جان برنولي Jean Bernoulli - في سنة 1738 نشر دانيال برنولي كتاباً ممتازاً اسمه «هيدروديناميكا» . وقد شمل هذا الكتاب بأن واحد الموائع الثابتة ، وهو علم في التوازن والهيدروليكا أو علم الموائع

المتحركة . وقد ارتكز هذا الكتاب بصورة اساسية على مبدأ حفظ القوى الحية ، اي على المساواة بين المتحدر الحقيقي والصعود القوي للمائع ما عند تحركه ضمن نظام دائم . وبهذا الشأن نقل دانيال برنولي الى علم ميكانيك الموائع الأفكار الطاقوية لهويجنس .

كما وضع فضلاً عن ذلك فرضية المقاطع او الاقسام : كل الجزئيات المتتمية الى نفس المقطع العمودي على اتجاه الحركة ، يفترض بها أن لها ذات السرعة التي تتعاكس نسبياً مع القسطن أو المساحة . وقد حل دانيال برنولي تحت هذه الفرضيات المختلفة ، وبشكل انيق جداً عدداً كبيراً من المسائل .

وكان على دانيال برنولي ان يتلقى انتقاد والده : جان برنولي الذي اخذ عليه انه انطلق من مبدأ غير مباشر ، وان كان صحيحاً تماماً ، « الا انه لم يتم الاعتراف به من قبل كل الفلاسفة » . وقد زعم من جهته انه يدرس حركة المياه في ضوء مبادئ الديناميك فقط . وقد هناك اولر على ذلك . ولكن تحليل جان برنولي افسده اعتبار الاعاصر ، التي دبرت من اجل هذه الغاية . ولما كان جان برنولي قد احتفظ بفرضية المقاطع ، فانه لم يذهب ابعد من ولده . ولكنه زعم انه سبقه ، اذ ادعى وهو ينشر كتابه « ايدروليكا » ، سنة 1742 ، انه انشأ اصلاً سنة 1732 ، وحتى سنة 1729 .

دالمبير d'Alembert وحركة الموائع - رأى دالمبير ان الميكانيك في الاجسام الصلبة يشكل علماً جديراً ، وبما انه لا يستند الا على مبادئ ميثافيزيكية مستقلة عن التجربة « وصرح بالعكس ، ان نظرية الموائع يجب بالضرورة أن يكون اساسها التجربة وإنما لا نتلقى منها الا اعضاء محدودة جداً .

وفي سنة 1752 وفي كتابه تجربة حول نظرية جديدة لمقاومة الموائع ، رفض دالمبير هذه النماذج . والتفت نحو الهيدروستاتيك او الموائع الثابتة كما وضعه كليرو ، ثم ابقى نفس الاثر ، فحاول ان يرد اليه اي الى الهيدروستاتيك حركة الموائع :

ان السرعة v لجزيء من مائع ، في لحظة زمنية t يمكن ان يعتبر وكأنه مجموع v اي سرعته في اللحظة الزمنية $t + dt$ ، مع سرعة v . عملاً بالمبدأ العام في الديناميك تكون « الجزئيات من المائع ، ان هي نزعبت الى الحركة بالسرعة v فقط ، - بحالة توازن ، وفي هذه الحال يكون ضغط المائع نفسه كما لو كان هذا المائع راكداً ، وأجزاؤه مشدودة الى التحرك بفعل قوة محفزة تساوي v^2/dt » .

وتوصل دالمبير ، (على الاقل بالنسبة الى الحركات السطحية او الدائرية) الى المعادلات العامة في الهيدروديناميك ، مما جعل من كتابه « محاولة » عملاً طليعياً بحق .

ونظر دالمبير الى حاجز صلب جامد داخل تيار مائع فلاحظ انه اذا كان هذا الحاجز تناظرياً ، والمائع متناسقاً وغير محدد وفاقد للجاذبية « لا يتلقى الجسم أي ضغط من السائل ، وهذا ضد التجربة » التقى دالمبير هنا ، دون أن يجرؤ على تأكيده ، التقى المفارقة الغريبة ، التي أوضحها فيما بعد

علماء الجيومتريا ، في كتابه «أويسكول = (الكثيات)» . هذه المفارقة ، وهي الأشهر في علم الهيدروديناميك ، تعبر عن البلاق الأكثر بروزاً بين التجربة العادية جداً ، والنظرية الأقل ثقلاً ضمن الطروحات الكيفية . وكل جهود الميكانيكيين فيها بعد سوف تنصب على إيجاد مخرج لها .

هيدروديناميك أولر Euler - ان انجاز أولر في ميكانيك الموائع ضخم ، وقد غطى بأن واحد مجال النظرية العامة ، وكذلك التطبيقات الأكثر تنوعاً . ونحن سنكتفي هنا بتحليل موجز لمذكرات أكاديمية برلين حيث عالج أولر المبادئ العامة في توازن الموائع وحركتها (1755).

ويروي أولر في الهيدروستاتيك ان السائل القابل للضغط أو غير القابل للضغط هو خاضع لقوى مطلقة .

يقول « ان العمومية التي اقصد ، بدلاً من ان تبهر انوارنا تكشف لنا بصورة اولى القوانين الحقيقية في الطبيعة ، بكل هائتها ، ونجد فيها أسباباً أقوى ، لتأمل جمالها وبساطتها .

وهنا يستعين أولر ، بعد التعميم ، بمبدأ كليرو . وقد كان له الفضل بانه ادخل صراحة الضغط ، وربطه في كل نقطة بالقوة الخارجية المغطاة .

وقرر أولر في الهيدروديناميك ، وبشكل من العمومية المطلقة ، معادلات حركة مائع مكتمل قابل للضغط ، بكل أشكالها النهائية ، وكذلك معادلة الاستمرارية التي تعبر عن حفظ الجرم .

وقد استطاع لاغرانج ان يصرح بقوله : « بفضله أولر رد كل ميكانيك الموائع الى نقطة واحدة في التحليل . ولكن صعوبة هذه النقطة ظلت بالغة وقد وعى أولر هذه الصعوبة تماماً .

نشير أيضاً كيف ان أولر ، بنوع من السخرية المغطاة بالتواضع ، قيم اعماله في الهيدروديناميك بالنسبة الى اعمال معاصريه فقال : « مهما كانت عظيمة البحوث حول الموائع ، والتي ندين بها نحن الى السادة برنولي وكليرو ودالمبير ، فانها مشتقة بشكل طبيعي جداً من قاعدتيه العامتين بحيث اننا لا نستطيع وبالقدر الكافي تقدير هذا التوافق بين تأملاتهم العميقة وبين بساطة المبادئ التي استقيت منها المبادئ ، هذه المبادئ التي توصلت اليها حالاً بفضل القواعد الاولى في الميكانيك » .

IV - مقاومة المادة والمعطيات التجريبية

قوانين كولومب حول الاحتكاك - بعد 1699 أعلن أمونتون Amontons قانون تناسب الاحتكاك مع الضغط المتبادل بين اجسام متماسة . وقد بين ف.ج. كاموس F.J.de Camus (1722) وديزاغولييه Desaguliers (1732) ان الاحتكاك في حالة السكون يفوق الاحتكاك في حالة الحركة .

وسوف يعود الى كولومب الذي كان يومئذ نقيماً في سلاح الهندسة ، ان يجيب على امنية أكاديمية

العلوم التي طلبت سنة 1781 اجراء تجارب جديدة « بشكل كبير » تطبيق على البكرات والرافعات الروحية والحبال المستعملة في البحرية .

وتعتبر مذكرة كولومب، التي نشرت سنة 1785 في المجلد 10 من « مذكرات العلماء الاجانب » نموذجاً للأسلوب التجريبي . والقانون الكمي الذي انتهى اليه مفاده انه فوق سطح ولسحب ثقل ذي وزن معين ، يجب بذل قوة تتناسب مع هذا الوزن ، يضاف اليها مقدار ثابت يتعلق « بتماسك » السطح . ووضع كولومب ايضاً القوانين الكمية حول تصلب الحبال .

بوردا Borda ومقاومة السوائل - ميزة الفارس دي بوردا de Borda انه درس مسائل الهيدروليك ، دون ان يستبعد الخسائر بالقوى . ومثل هذه الخسائر يظهر في سيلان المائع في مجرى يتسع فجأة او يضيق فجأة . وشبه بوردا هذه الظاهرة بصدمة تقترب بخسارة في القوة الحوية ، اي في لغة العصر، بصدمة الاجسام الصلبة . وحسب هذه الخسارة في القوة الحية بواسطة قاعدة كارنو Carnot ، قبل ان تصاغ حرفياً ، وفي حالة خاصة .

واجرى بوردا Borda تجارب بشكل منهجي ، حول مقاومة الموائع ، وبشكل خاص، حول مقاومة الهواء (1763) . وبين ان هذه المقاومة هي ظاهرة شاملة لا يمكن ادراكها بالتكامل ، انطلاقاً من قانون اويل بسيط . ودرس فيها بعد مقاومة الماء ، ودحض النظريات النيوتونية (1767) . واخيراً ، وفيما يتعلق بالمقاومة المنحرفة ، بين بوردا Borda ان قانون الجيب (سينوس) المربع غير مثبت ، وانه بالنسبة الى الانعكاسات الخفيفة ، المقاومة لا تخفف بمقدار ما تخففه الجيوب (سينوسات) البسيطة .

وتضاف الى تجارب بوردا Borda التجارب التي اجراها الاب بوسوت Bossut (تموز - ايلول 1775) بواسطة نماذج مصغرة في بركة المدرسة الحربية وكذلك تجارب ب. ل. ج. بوات P.L.G.du Buat .

ميكانيك لازار كارنو Lazare Carnot ومفهوم الاتصال - بعد 1783 ، نشر لازار كارنو تجربة حول الآلات بوجه عام ، طورها سنة 1803 تحت عنوان « مبادئ اساسية في التوازن وفي الحركة » . وكان كلرنو اول من اكد على السمة التجريبية في مبادئ الميكانيك ، وذلك مناقضةً للافكار التي قال بها اولر ودالمبير . وقد استنتج من الملاحظة الجفزية لظواهرات الصدمة قوانين الميكانيك ، راداً فعل قوة مستمرة ، مثل الجاذبية ، الى فعل سلسلة من الصدمات المتناهية الصغر . ادخل كارنو في ميكانيك الاجهزة ، فكرة الحركة الجيومترية : ان مثل هذه الحركة هي بلون اي مفعول على الاعمال المتبادلة التي تمارس او يمكن ان تمارس بين اجزاء الجهاز . ان مثل هذه الحركة لا تتعلق الا بشروط الاتصال بين اجزاء الجهاز .

واصبحت الحركات الجيومترية الكرونوية ، بللمعنى الكلاسيكي اليوم ، تنقلات احتمالية تتألف مع الاتصالات بين اجزاء الجهاز . فهي تعطي لكتاب « التجربة » بنية رياضية طليعية .

ويقرر كارنو ، بالنسبة الى صلعة الاجسام الصلبة ، قاعدة بقي اسمه مقروناً بها . وهي تقضي بان ضياع القوة الحية ضياعاً كاملاً يعادل مجموع القوى الحية التي سببتها السرعات الضائعة .

واهتم كارنو ايضاً بعمل القوى الداخلية في الكائنات الحية : فالحيوان يمكن ان يشبه ، من ناحية الميكانيك ، مجموعة من الجسيمات المنفصلة فيما بينها بتواض مضغوطة ، يمكن تحويل قوتها الحية الكامنة الى قوة حية حقيقية .

وقد اهتمت افكار كارنو ، ذات الاصلة الاكيدة ، لابلاس Laplace ، وبآره دي سان فيناد Barré de Saint - Venant وبالتأكيد الهمت كارنيوليس Cariolis ايضاً

٧ - الميكانيك التحليلي عند لاغرانج

لقد ظهر كتاب لاغرانج « الميكانيك التحليلي » لأول مرة سنة 1788 ، وجاء بتوج البناء الذي اقامه الجيوميتريون الكبار في القرن الثامن عشر . اما برنامج هذا الكتاب الضخم فقد ورد كما يلي :

« تمحور نظرية الميكانيك وفنه في حل المسائل المتعلقة به الى قواعد هامة وصيغ يكفي تجديدها البسيط لاعطاء كل المعادلات اللازمة لحل كل مسألة .

ثم جمع وعرض ، ضمن وجهة نظر واحدة - مختلف المبادئ التي عثر عليها حتى الآن ، من اجل تسهيل حل مسائل الميكانيك ، وتبين تبعيتها المتبادلة ، ثم التمكين من الحكم على صحتها وعلى مدى اتساعها »

واضاف لاغرانج ايضاً ، توضيحاً لانشائه الرياضي الوارد في كتابه ما يلي :

« لن يعثر في هذا الكتاب على صور . فالطرق التي اعرضها فيه لا تطلب رسوماً ولا تحليلات جيومترية او ميكانيكية ، بل تطلب فقط عمليات جبرية خاضعة لمسار منظم وموحد الشكل . وسوف يرى اولئك الذين يجربون التحليل ان الميكانيك سوف يصبح جزءاً من هذا التحليل وسوف يعترفون بفضلني اتي وسعت مجاله الى هذا الحد » .

وربط لاغرانج كل الستاتيك بالمبدأ الذي استمر يسميه مبدأ « السرعات المحتملة » . ولكن هذا المبدأ ذاته « ليس اكيداً بذاته حتى يمكن وضعه كمبدأ أول » . ويمكن استنتاجه من مبدئين : مبدأ العتلة ومبدأ تركيب القوى .

ولكن لاغرانج فضل تأسيس هذا المبدأ مباشرة على بعض الصفات البسيطة حول البكرات والحقوق .

ولحل مسائل الستاتيك ادخل لاغرانج طريقة عامة جداً وبسيطة جداً سماها طريقة المضاربات ، تتبع حساب العمل الاحتمالي لودات الفعل .

في مجال الديناميك لم ينحز لاغرانج بصورة علنية الى اي من اولر أو دالمبير، اي بين مدرسة القوة ومدرسة الجرم. كما انه لم يعد الى مسألة ديناميك النقطة لانه اعتبرها واضحة باعمال سابقه، ووجه كل اهتماماته نحو صياغة ديناميك الاجهزة بشكل عام.

وحلل لاغرانج على التوالي المبادئ الاربعة في الديناميك: حفظ القوى الحية، وحفظ حركة مركز الجاذبية، وحفظ العزم أو مبدأ المساحات، ومبدأ كمية العمل الأقل.

ويعود المبدأ الاول من هذه المبادئ، كما يقول لاغرانج بحق، الى هويجن، بشكل يختلف عن الشكل الذي اعطى لهذا المبدأ من قبل لينينز وجان برنولي. اما المبدأ الثاني فيعود الى نيوتن. والمبدأ الثالث اكتشفه اولر Euler ودانيال برنولي وارسى Arcy، وهو ليس إلا تعميم قاعدة من قواعد نيوتن ذات المتحركات المنحنية من نفس المركز.

ويصف لاغرانج بالابهام وبالتحكم، تصور مويرتوي Maupertuis. وينضم الى طريقة اولر «التي تستحق وحدها اهتمام الجيومترين»، وعممها لتشمل حالة جهاز من عدة أجزاء تعمل فيما بينها بشكل من الاشكال. ولا نستطيع هنا ان نرسم تفصيل التحليل الذي سمح للاغرانج ان يضع المعادلات العامة في ديناميك الاجهزة بشكل دقيق وانيق لم يستطع احد الإتيان بمثله او تجاوزه.

نقول فقط أن لاغرانج قال أن معادلة المجمال المتكون من القوى المطبقة الفاعلة مع القوى الجامدة وقوى مختلف العناصر في الجهاز المادي هي صفر، وذلك حين كتب أن العمل الاجمالي لهذه القوى لاغرانج بالنسبة الى كل انتقال محتمل متوافق مع الاتصالات. وهذه الاتصالات افترضت انها كاملة، أي بدون احتكاك ولا مقاومات سلبية، وانها قد تتعلق بالوقت عموماً.

ونجح لاغرانج بان يعبر عن مجمل الحدود المتعلقة بقوى الجمود، في مختلف عناصر الجهاز، تبعاً للمشتقات، مشتقات القوة الحية الشاملة وحدها، هذه القوة التي هي دالة من دالات ثوابت الموقع q ومشتقاته الاولى \dot{q} . بالنسبة الى الوقت، كما هي دالة من الدرجة الثانية بالنسبة الى هذه المشتقات. ومعادلات لاغرانج التي بقيت معروفة بهذا الاسم، والتي ما تزال تطبق عالمياً، كانت ترتدي يومئذ الشكل القانوني التالي:

$$\text{حيث } 2T \text{ ترمز إلى القوة الحية الشاملة، } \frac{\partial T}{\partial q} = \frac{\partial U}{\partial q} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) \text{ بحيث } U \text{ هي دالة القوى}$$

الفاعلة و q احد الثوابت المطلقة، ويوجد معادلات بعدد الثوابت مما يسمح عن طريق التكامل بتأمين حل مسألة الحركة، أي تحديد الثوابت تبعاً للزمن.

ويبدو حفظ القوة الحية عندئذ وكأنه مجرد تابع مرافق لمعادلات لاغرانج. وهذا الحفظ لا يتحقق الا اذا كانت اتصالات النظام او الجهاز - المقترض انها كاملة دائماً - مستقلة عن الزمن.

وكذلك مبدأ العمل الأقل فهو يعتبر نتيجة من نتائج معادلات لاغرانج، في الحركة العامة داخل جهاز من الأجسام المحركة بفعل قوى تتبادل التجاذب، أو متجذبه من قبل مركز ثابت.

هذا المبدأ يعود الى الواقعة القائلة بان مجموع القوى الحية الآتية في كل الاجسام هو مجموع أقصى، منذ اللحظة التي تنطلق فيها الاجسام من نقط معينة الى اللحظة التي تصل فيها الى نقاط اخرى معينة. كما ان لاغرانج يقترح تسميته (اي تسمية مبدأ الفعل الأقل) بمبدأ القوة الحية الاكبر او الاصغر.

ويتضمن كتاب الميكانيك التحليلي للاغرانج، جملة من المسائل التي لا نستطيع التوسع بشأنها نذكر فقط، دون التخلي عن ديناميك الجوامد، ان لاغرانج درس تفصيلاً مسألة حركة الجسم الوزان الدائر المعلق من نقطة في محوره، كما رد هذه المسألة الى التربيعة الاهليلجية.

واعطى لاغرانج ايضاً طريقة عامة للتقريب، لكي يحل مسائل الديناميك - وخاصة المسائل التي يطرحها الميكانيك السماوي - وهي طريقة تقوم على تغير الثوابت الكيفية.

وهنا يضع لاغرانج نظرية الحركات الصغرى، ويدرس استقرارية التوازن ويثبت من ان التوازن يكون مستقرًا عندما يكون كامن القوى للمعينة اقل ما يمكن ان يكون.

وظل اسم لاغرانج، في الهيدروديناميك، مقروناً بالمتغيرات التي تتبع متابعة عنصر مائع في حركته، في حين ان المتغيرات المسماة متغيرات اولر ترتبط بحالة سرعات المائع في لحظة معينة في نقطة جيو مترية معينة. ومن العدل القول ان اولر قد لجأ في بعض الاحيان الى متغيرات من النمط اللاغرانجي.

ويعود الى لاغرانج الفضل في وضع قاعدة اساسية حول استمرارية الصفة غير الدائرية لحركة مائع ما، عندما تكون قوى الجرم الفاعلة في المائع تتعلق بقوة كامنة، وعندما يكون ضغط المائع هو دالة معتمدة بوزنه النوعي. وقد درس لاغرانج ايضاً حركة مائع في قناة قليلة العمق وبين ان الحركة محكومة بمعادلة تشبه معادلة الصوت.

ربما يجد بعض القراء اننا الحنا كثيراً على المناقشات المبدئية التي خضت القرن السابع عشر اكثر مما ركزنا على اعمال كبار الجيومترين الذين زودوا الميكانيك بتنظيمه النهائي، في الحقل الكلاسيكي. وعذرنا ان المؤرخ ملتزم باتباع الطريق المملوء بالمصادفات، وبالاعتراضات التي اتبعها المخترعون. وأنه بالعكس، فإن اولر ولاغرانج يسهل على القارئ الحديث الوصول اليها مباشرة، كما انها يعلمان حسب الاصول. لا شك انه في أي مجال اخر، لم يلاق الايمان العقلاني الجذري، في عصر الانوار، الايمان بامكانية ادخال التحليل الرياضي في اساليب الطبيعة، لم يلاق نجاحاً اكثر مما لاقاه في الميكانيك. لقد استطاع دالمبير ان يؤكد ان روح الحساب قد طردت روح النظام. لقد ورثت الاولى الثانية بحيث ان لم تكن الوارث المباشر - لان بعض المخاوف الميتافيزيكية في القرن العظيم، يمكن

ان تعتبر اعتباطية في نظر العلم الوضعي - الا انها على الاقل الناقل الأكيد: ان مهمة التنظيم لم تصبح في المتناول الا بعد الوضع المؤلم للمبادئ . فضلاً عن ذلك وباعتراف دالمبير بالذات ، وجدت روح الحساب حدودها كما ان خطر التسرع في وضع صيغ رياضية لحقائق الفيزياء ، قد ظهر ايضاً في مجال الميكروديناميك . وهكذا فتحت امام الميكانيك مواضيع جديدة للبحث

الفصل الثالث : معرفة النظام الشمسي

ان التركيب الفخم الذي قام به نيوتن ، في اواخر القرن 17 ، واشمله جملة المعارف الفلكية المعروفة في عصره ، اصبح بعد ذلك يحكم ويوجه البحوث . ان المواضيع الواجبة الحل قد وضعت او أوشكت ان توضع ، وادت معالجتها رياضياً ، خلال القرنين الماضيين الى بناء ما يسمى اليوم بالميكانيك السماوي الكلاسيكي . ومواجهة النظرية بالتدابير ادت الى نهضة علم فلك المواقع .

وتطورت شروط العمل بسبب الظروف ، وهي ظروف سوف نجلدها بعد ذلك بقليل في المجالات العلمية الأخرى . فقد توجهت البحوث ، بمواضيعها المتعددة ، على يد المتخصصين . وخلال هذه المرحلة تراكمت النتائج وارتسدت التقدم هذا المسار الجسدي الذي أصبح الآن شائعاً . واصبحت الأعمال تتم بصورة رئيسية في مراكز مهمة ، خدمة للدول القادرة على تأمين الوسائل المادية الكافية للعلماء ، واستمرارية أصبحت ضرورية ، قبل استثمار المعطيات التجريبية ، استمرارية جعلتها قلة الامن في ذلك الزمن ضعيفة في كل مكان . واغلب النتائج ، باستثناء علم الفلك الرياضي ، حصلت في الواقع في فرنسا وفي انكلترا⁽¹⁾ . وكان مرصد باريس ، الجلد الحقيقي لمراكز البحوث الوطنية . قد تأسس سنة 1667 ، ومرصد غرنتيش بعد ثمان سنوات . وبالتأكيد لم يكن هناك شيء يستحق الذكر خارج اوروبا : فالتجهيزات التي كانت قد استخدمت بجندوى في القرون الماضية ، وبصورة رئيسية في العالم العربي ، أصبحت عقيمة الى غير رجعة .

ورغم تحسين المعدات كان الكون الكواكبي ما يزال بعيداً عن التناول ، ولم يكن اكثر من موضوع وصفي مطيلة القرن . وظلت البحوث مرتكزة حول نجوم النظام الشمسي . وكانت الحكومات معنية بتقديم الملاحة والجغرافيا لدوافع تجارية وعسكرية فكانت توجه جزئياً هذه الاعمال وتشجعها بفعالية .

(1) كان يوجد أو قد أوجد عدد كبير من المراصد في الجامعات أو الأكاديميات ، إنما ضعيفة التجهيز ، اشتهرت فيها بعد مثل مرصد ليد ، وسان بطرسبرج أو إيطاليا .

I - النجاح المؤجل لقانون الجاذبية الكونية

لم يسحب من اول طبعة من كتاب « فيلوزوفيا ناتوراليس برانسيماغاتماتكا » سنة 1687 الى 250 نسخة ، والطبعة الثانية 750 سنة 1713 . ثم ظهرت فيها بعد طبعة 1726 ، والترجمة الانكليزية لموت Motte سنة 1729 والترجمة الفرنسية للماركيز دي شاتليه Châtelet سنة 1756⁽¹⁾ ثم غيرها كثير

وتجدر الملاحظة ان قانون الجاذبية لم يكن له اية حاجة لدى العلماء في القارة ، التي كانت مأخوذة بالديكارية منذ زمن بعيد ، وكانت الاجرام السماوية تشكل في نظرهم ، قسماً من حالة في الاشياء طبيعية ؛ والفرضية المصطنعة لفعل من بعيد كان يصدم بلا عقلانيته ، السحرية تقريباً . ونيوتن انكر ان يرى في قانون الجاذبية اكثر من تاويل فرضيات (Hypothèses non fingo) وما دامت هي كذلك فقط فلا يمكن تصور جدواها . انما يفضل التفسير النيوتني للتفاوتات الرئيسية في حركة القمر استطاعت النظرية ان تفرض نفسها بشكل ساطع ؛ ولكن التحليلات الجيومترية النيوتنية هي تقريبية ، وقيمة التقريب لن تظهر تماماً الا فيما بعد ، بالمقارنة مع نتائج معالجة المسائل بالتحليل ؛ والديكارتيون الذين رأوا في هذه التحليلات تبريراً مساقاً لحاجات القضية لا يمكن وصمهم بالتحيز .

والعلمان الرياضيان الكبريان المعاصران « للمبادئ » ، هويجن Huygens وليبنيز Leibniz ، كانت لهم مواقف انتقادية ، انما مختلفة تماماً . الاول ، وكانت اعماله حول الحركة الدائرية قد حملت نيوتن الى طريق اكتشافاته ، عرف منذ 1690 ، تفسير حركة الكواكب بقانون المربع العكسي ، ولكنه رفض التجاذب المتبادل بين الجزيئات ؛ ان الجاذبية ، برأيه ، هي جاذبية نحو مركز الارض ، وثابتة وقد جوب مع ذلك القانونين (قوة ثابتة او بسبب المربع العكسي) من اجل حسابه النظري لتفلطح الارض ، اي انه قد شك في تشبيه الجاذبية الارضية بقوة جذب تؤثر في القمر ، دون ان يرفضها بشكل منهجي ؛ ولم يشأ ان يبت بالامر الا على اساس براهين مادية لم تتوفر حتى تاريخ وفاته ، سنة 1695 .

اما ردة فعل لينينز فهي سلبية خالصة فالنظرية النيوتنية ما كانت الا لتصلحه بالاكشافات التي انتظرت مجيء امثال كليرو Clairaut ودالمير d'Alembert واولر Euler ، بعد خمسين سنة .

وبخلال هذا النصف قرن ، حفز الخلاف بين الديكارتيين والنيوتنيين البحوث التجريبية . ولم يكن صحيحاً ان يقال ان نظرية نيوتن كان لها يومئذ دور يميل ، او انها لم تكن معروفة تماماً من قبل المعنيين .

واتسارها لدى الجمهور العام يعزى الى فولتير ، الذي حضر سنة 1727 مأتم نيوتن ، والذي اتي

(1) إلى هذا النص ، الذي ليست أماته مطلقة ، تعود المراجع الفرنسية بشأن عمل نيوتن ، ومن جراء هذا فهي غير مضبوطة . ولا توجد طبعة منتقلة فرنسية للمبادئ . تشير إلى الطبعة التصويرية الجديدة لترجمة مدام دي شاتليه (باريس ، ١٩٦٦) .

بالمبادئ في حقيقته . وقد اعتبر حماس فولتير إهانة لديكارت ، وادى الى فضيحة ، وهو امر ما كان ليسوءه . ولكن أكاديمية العلوم في باريس ، وبعد سبع سنوات ، منحت جائزة لدانيال برنولي ، من اجل رسالة وضعها سنة 1732 ، وخصصها لمسألة الجسيمين : ونجد فيها ، لأول مرة ، الترجمة التحليلية لنظرية نيوتن . وفي الحال ، تلاشت اعاصير ديكارت ، التي لا تخضع للحساب ، في نظر الرياضيين . أما المعارضون الآخرون فقد انضموا عموماً عندما تقرر تفلطح الأرض سنة 1737 ، سنداً لنظرية الجاذبية الكونية . واخيراً ادت عودة المذهب هالي سنة 1759 الى اجماع في الرأي العام .

II - معدات علم الفلك الموقعي

كان قياس موقع كواكب النظام الشمسي والنجوم البراقة موضوع اهتمام الفلكيين في القرن الثامن عشر : وكان علم القياس الفلكي (استروميتري) من صنعمهم .

وكان المطلوب من المعدات هو الدقة لا القوة . يجب ان تكون مستقرة وقليلة التمرض للتشويه او التغير . وكان نموذجها العام القطع (سكان او ربع الدائرة بحسب زاويتها) ثم فيما بعد آلة قياس خط الهاجرة .

السدميات - تشتمل السدمية (سكتور) على منظار متحرك ضمن سطح حول محور عامودي قريب من الشبيحة (Objectif) . ويقاس الدوران على قوس مرقم ، كما يشتمل على شاقول (او خيط ذي رصاصة) معلق بمحور الدوران . وهذا الشاقول يسمح بتعيين الخط العامودي على القوس . والمجموع يمكن توجيهه ، وعندها يكون مربوط بحمالة بواسطة مسمار ذي محور عامودي . والناظور مثبت فوق قوس مرقم والسدميات تكون حائطية ، ومثبتة ضمن سطح الهاجرة . اما الناظور فهو الذي يتحرك فقط .

وشبيحة الناظور ، وحتى اكتشاف الاكرمه (اي انفاذ الضوء من غير تحليله) كانت عدسة بسيطة قطرها صغير (عدة سنتيمترات) ، ذات مسافة بؤرية كبيرة (متر او أكثر) اما العينية (Oculaire) فبسيطة انها عدسة مسطحة محدودية ، انها عدسة كبلر Kepler . وآخر آلة مجردة من الناظور ، وعبرها يتم النظر بالعين المجردة هي العضادة (جزء من الاسطرلاب) ذات وريقات او ريشات تحدد جهة الرصد ، وهذه الآلة من صنع هفليوس Hevelius الذي مات سنة 1687 . وكان الاب بيكار Picard هو اول من استعمل سنة 1669 السدميات المزودة بناظور ذي شبكة .

وكان صنع الأدوات يتم حتى ذلك الحين على يد حرفيين او على يد الفلكيين انفسهم . وبعدها قام فنانون (كانوا يسمون كذلك) مشهورون ببناء الاجهزة الاولى ذات القيمة العالية . وتحمل السدميات المحفوظة حتى ايامنا ، في المجموعات ، اسماء القرنسي لانغلويس Langlois والانكليزي غراهام Graham وبرد Bird ورمسدن Ramesden . ويعود جزء من الفضل في هذه النتائج الحاصلة الى هؤلاء الصناع الذين مكثهم صبرهم ومهارتهم العجيبة من تلافي النقص في التقنية .

رصد المرتفعات - ان رصودات الاعالي تتم ، فضلاً عن اتجاه المنظار فوق القوس ، على تحديد

موقع الصورة بالنسبة الى خط افقي ثابت واقع ضمن السطح البؤري للشبكية (Objectif). اما الميكرومتر، الذي اخترع في القرن الماضي، فقد طوره الدانمركي رومر (Romer) تطويراً جعله اشبه بحالته الراهنة تقريباً؛ فهو يتضمن، على موازاة الخيط الثابت، خيطاً متحركاً، يقاس تنقله بدوران برغي يحدد هذا التنقل. وترصد النجمة تحت الخيط المتحرك، اما قيمة القياسات فتتعلق بانتظامية تحرك البرغي، وبغياب التلاعب في جرجرة العربة الناقلة للمخطط. ولم تحصل هاتان الخصوصيتان الا بصورة تدريجية. ورصودات برادلي (Bradley)، التي سوف نرى دورها فيها بعد، مدينة بلديتها الى اسلوب مختلف، يسمى اسلوب «البرغي الخارجى»، فلا يوجد ميكرومتر في السطح البؤري، بل برغ ميكرومترى، يتيح - بعد التصويب بالشاقول لقسم من اللب (حافة كوكب) الملتصق بالمنظار - نقل هذا الاخير حتى يتم رصد النجم بالضبط تحت الخيط الثابت، ثم قياس هذا التنقل.

رصد المرور العابرة - ان تحديد لحظات المرور بخط الهاجرة لم يلاق اهتماماً الا من يوم اتاحت ساعات ذات رقاص مُرضية، تأمين دقة شبيهة بالدقة في قياس المرتفع. فالمرتفع الذي يتغير، في الحين من 10" الى 1" (بحسب طبيعة الرصودات) يتوافق، فيما خص التنقل الذي يترجم الحركة اليومية، مع فترة من الزمن تتراوح بين ثائية الى 1/10 من الثانية، اذا كان الامر يتعلق بنجمة بعيدة عن القطب. ومنذ ان ابتكر هويجنس (Huygens) (1657)، الرقاص المنظم، بللت جهود لتحسين الساعات ذات الرقاص؛ ولكن التغيرات غير المتوقعة في الرصودات العابرة عموماً، توحى ببعض الحذر للمفكرين. وبعد اتقان المنفذ المعزول غراهام (1715)، واستبعاد المضاعف الحرارية على المنظم (انبوب زئبقي وضعه غراهام 1726، حاجز ثنائي المدن، من صنع هاريسون، حوالي 1730) تمت العودة الى الرصودات العابرة، التي سبق ان قام بها بيكار بصورة منهجية.

وهناك عدة خيوط عمودية على الخط الأفقي مرتبة بشكل تناظري في السطح البؤري. وتقدر لحظات المرور بهذه الخيوط بفضل عملية الرصد بالعين والاذن، وهذه العملية ابتكرها برادلي (Bradley) وظلت تطبق طيلة مئة وخمسين سنة، الى ان تم انجاز المعدات المسجلة كهربائياً؛ فقد كانت تعد ضربات رقاص بالثانية، وتدوّن. بالعين المواقع التي يحتلها النجم اثناء نبضات الرقاص، هذه النبضات التي تشمل لحظة اجتياز الخيط. وكانوا يستطيعون بهذه الطريقة تهنئة الثانية الى اعشار.

ادوات خط الهاجرة - رغم ان اسلوب برادلي لم يكن يخلو من اثر منهجي مرتبط بالراصد فان الخطأ الرئيسي في هذه القياسات كان مصدره قلة مقاومة التشوهات الجانبية من قبل القطع (Secteur) الحائطي: فمحور الناظور ذي الثرين كبؤرة ينتقل بمقدار 10" اذا اصاب الطرف المتحرك فيه تحريك عرضي مقداره 0,1 مم اي عشر المليمتر، في الوقت الذي كانت قيادة الطرف لا تؤمن بمثل هذه الدقة بالملازمة بواسطة قوس معدني شعاعه 2 متر. ومع ذلك، وبعد 1690 انجز رومر الماشينا دومستيكا اي الآلة المتحركة، وهي اول أداة هاجرة للمرور، وركزها في اطار شبك في منزله في مدينة كوينهاغ. واهم خصائص الآلة الحديثة كانت موجودة فيها: محور الدوران يمر في وسط المنظار، الذي كان انبوبه

مؤلفاً من خروطين ملتصقين بقاعدتيهما . وكانت انحرافات المحور تنفادى بنظام من التوازنات تعادل وزن المنظار . اما خيوط الميكرومتر فكانت مضادة . وكان هذا الانجاز بدون غد . فالتجهيزات العبقريّة التي وضعها رومر لم تتحقق الا بعده بوقت طويل ، وبعد تلمسات لا مبرر لها .

ونفس المصير اصاب الآلة المسماة روتامريديانا ، وهي دائرة هاجرية كان رومر قد استعملها انطلاقاً من سنة 1704 لرصد الارتفاعات الهجرية . وكانت الدائرة ، حالها كحال الادوات الحديثة ، دائرة كاملة متماسكة مع المنظار . وكان الجميع عمولاً بمحور الدوران الذي يتركز على اعمدة . وقلة المبالاة التي واجهت هذا الجهاز لما ما يبررها هنا : ان صغر حجم الدائرة الاضطرابي وكذلك صغر المنظار لم يكونا يأتلفان مع المسافات البؤرية الكبيرة في الشبحيات Objectif البسيطة الضرورية لتلافي نتائج التضليل اللوني .

الشبحيات المركبة (Les objectifs composés) - كانت الاكرمة اي تنفادي التضليل اللوني احدى مكشفات منتصف القرن⁽¹⁾ . فحتى ذلك الحين كانت المهدفات مؤلفة من زجاجة واحدة . وكان التضليل اللوني يشتت فوق المحور البؤر المتعلقة بالالوان ، القصوى ؛ وكانت الصورة ، وهي بقعة متفحزة ، اي متعددة الالوان ، لا تبدو صغيرة الا اذا كانت رزمة الضوء شديدة التفكك اي اذا كانت فتحة المهدف ضعيفة جداً . وكانوا يستعملون شبحيات نسبة فتحتها (اي نسبة قطر المسافة البؤرية) تتراوح بين 1/50 للمهدفات الصغيرة (الى 2 الى 3 سنتيمتر) وبين 1/300 للمهدفات الكبرى .

وانطلاقاً من سنة 1758 انتج البصري الانكليزي دولسون Dollond ، بشكل عادي المزدوجة الاكروماتيكية (التي تذهب تضليل الالوان) الكلاسيكية المتكونة من عدسة مقاربة من الزجاج العادي ومن عدسة مفرقة من البلور الرصاصي الخاص او فلنت Flint .

ونشأت نظرية التضليل (الهندسي واللوني) بعد ذلك بقليل . وينفس الوقت تقريباً بقي علم بصريات المهدفات كاملاً تقريباً . انه من صنع كليرو Clairaut ودالمبير d'Alembert . وبحوثهما المتزامنة وقعت بين 1760 و1768 وكانت حصائل اعمالهما تتكامل . وتحليل الاضاليل من الدرجة الثالثة قد تم والتضحيح قد عُرض . وحسب كليرو وحقق المهدفات الاولى الممتازة التي تشد الزيفان والتضليل .

III - اتجاهات الكواكب الظاهرة واتجاهاتها الوسطى

ان الاتجاه الظاهر لنجم ما يتحدد بمعرفة الانحرافين الزاويين (انحراف وصعود مستقيم) المحدثين نسبياً بالسطوح الاساسية : خط الاستواء السماوي ودائرة فلك البروج . والملاحظات المدونة في حقيبتين مختلفتين لا يمكن مقارنتها مباشرة الا اذا كانت الارض والسطوح الاساسية ثابتة . وحركة الارض تميز الاتجاه الحقيقي للمعول التضليل والزيفان . وحركات السطوح الاساسية تؤثر في

(1) انظر الفصل 1 من الكتاب 2 من هذا القسم .

الإحداثيات لمفعول مبادرة الاعتدالين (Précession)، وهو حدٌ قديم جداً (اي تراكمي) ومفعول تمايل محور الأرض بفعل الشمس والقمر معاً (الكبو) وهو حدٌ دوري يؤرجح الإحداثيات حول القيم الوسطى. وانتقال الاتجاه الظاهر لكوكب ما إلى اتجاهه الوسطي يسبق بشكل طبيعي استخدام الرصد.

من هذه المفاعيل الثلاثة، إذا كان الثاني، وهو معروف قديماً، قد فُسر من قبل نيوتن، فإن الأول والثالث سوف يكتشفان ويُفسران سنة 1728 و1737. وهكذا تشكل فصل مهم في علم الفلك، بمعظمه في مطلع القرن. وهذا قد تحقّق بشكل فريد بمناسبة موضوع لم يأخذ حله إلا في القرن التالي: تحديد زاوية الاختلاف النجمي.

ومفعول زاوية الاختلاف هو بشكل عام الاختلاف الذي يحصل بالنسبة إلى نظام مرجعي ثابت، للاتجاه الذي يجمع بين نقطتين تتحركان حركة نسبية. واحد عناصر هذا المفعول هي المسافة بين نقطتين. إن حد الانحراف أو زاوية الاختلاف، تستعمل من قبل الفلكيين للدلالة على الفرق الزاوي الذي من خلاله، وعن هذا البعد، نرى طولاً اتفاقاً اصطلاحياً (شعاع وسط الأرض، إذا كان الأمر يتعلق بجسم من النظام الشمسي، وشعاع المدار الأرضي إذا كان الأمر يتعلق بالكواكب). وإذا فهي فروقات أو انحرافات زاوية تحدد للمسافات، التي ليس لها أي معنى دقيق على الصعيد الكوكبي، بل هي الصحيح للكلمة.

وإذا كانت الأرض تدور حول الشمس، فإن الاتجاه الظاهر لكوكب قريب موجود في شمال المدار (فلك البروج) يجب أن يتلقى حركة دائرية سنوية بالنسبة إلى اتجاهات النجوم البعيدة جداً عنا (والتي تكون هذه الحركة بالنسبة إليها غير محسوسة)، وفرجة التنقل هي بالضبط درجة انحراف النجم؛ وضمن اتجاه آخر غير اتجاه قطب فلك البروج تكون الحركة التي حصلت في نفس الحقة أقل بساطة ولكنها أسهل حساباً. واكتشاف انحرافات الأجرام السماوية، أي اختلاف درجتها كان وسيلة أكيدة للثبوت من مادية حركة الأرض حول الشمس، إذ كان ذلك حتى ذلك الحين يقيناً رياضياً فقط.

اكتشاف الزيفان - كان العلماء يأملون بالثبوت من مفعول الانحراف انطلاقاً من نوع من القياس الذي يؤمن أكبر ضمان في تلك الحقة: المسافة السمتية أو الأوجية - وذلك في لحظة الذروة - لنجمة مسافتها هذه ضعيفة، وهذا الاحتياط يخفف من دور الانكسار؛ إنها النجمة نفسها، ٢ دراكونيس التي أصابها التجربة طيلة 60 سنة.

ومنذ 1669 ظل هوك Hooke يراقبها، واكتشف فيها تغييراً سنوياً مقداره 30". تقريباً؛ وظن أنه نجح. ولكن نوعية القياسات كانت عقيمة. وبالعكس، لاحظ بيكار وهو اب علم الفلك الدقيق، بعد ذلك بقليل، وبالنسبة إلى النجم القطبي، لاحظ تفاوتاً سنوياً مقداره أربعون ثانية؛ وتقرر أنه، رغم وجود هذا الفرق السنوي، فهو لا يتفق في اتجاهه مع التفاوت الانحرافي (بارالاكتيك).

وحصلت تأكيدات لهذا المفعول غير المتوقع بالنسبة إلى ٢ دراكونيس Draconis. وعندها في

سنة 1727 بنى برادلي خصوصاً قطعاً سمتياً (مكتور) من 4 امتار ، مزوداً بالبرغي الحارجي الذي سبق وصفه اعلاه : واستطاع ان يكتشف في السطح المجري قوساً قصيراً نسبياً من 12° ونصف، ولكنه كافٍ لرصد 200 نجمة ؛ اما الاخطاء في القياسات فلم تبلغ ثابنتين . وسرعان ما اكتشف برادلي تغييراً في المواقع الظاهرية لكل النجوم ؛ وبعد سنة ، عادت كل الانحجافات الى مواقعها الاولى ؛ والشيء العجيب ان فرجة الانحرافات بدت هي ذاتها . فضلاً عن ذلك شبهت الظاهرة ما كان متوقعاً من درجة الانحراف (بارالاكس) ، اي ما يقارب من تأخير ثلاثة اشهر : ان الانحراف لم يحدث في اتجاه الشعاع شمس ارض بل في الاتجاه العامودي الذي هو بشكل محسوس اتجاه حركة الارض .

واتاحت نظرية نيوتن حول بث الضوء لبرادلي ، ان يؤول الانحراف وكأنه النتيجة الظاهرة لتفكك سرعة شعاع ضوئي ساقط ولسرعة الارض اثناء حركتها السنوية . وبلغ الفرق الناتج عن الانحراف ، او زيفان الثابت ذروته عندما كان هذان السهمان عاموديين . وهذه القيمة الذروية هي مقدار الزيفان الشمسي ، او الزاوية التي تتحرك ضمنها الارض ، طيلة الزمن الذي يضعه نور الشمس ليصل الى الارض . وكان الزيفان الشمسي معروفاً ومقدراً . بحوالي عشرين ثانية ، وذلك منذ الاكتشاف الشهير من قبل رومر للحركة المتتالية للضوء ، وهو اكتشاف يعود الى سنة 1675 ⁽¹⁾

وفي ايلول 1728 قدم برادلي تفسيراً لهذه التنقلات الظاهرية ذات الفرجة النصفية البالغة عشرين ثانية . وظهرت رسالته التي اعطاها للجمعية الملكية في لندن ، حالاً ، في مجلة « فيلوزوفيكال ترانزاكسيون » وكان لها وقع كبير . لقد تقررت حركة الارض الفعلية حول الشمس ، وبشكل مختلف عما كان متوقعاً .

وفيما بعد ، ولتفسير الزيفان ، في اطار نظرية التارجحات ، تم اللجوء الى الاعيب متعبة ؛ واليوم لا يمكن تعريف مسار الشعاع الضوئي بصورة ابسط ، اذ يتوجب تدوينه في المركب الفضائي - الزمني - المحلي ، ولم يعد تفسير برادلي كافياً ؛ الا ان التصحيح الذي اصاب نتيجة تفسيره الجيومثري لم يكن الا من الدرجة الثانية اي $1/10000$ بقيمة نسبية ، دون اي تغيير علني طارئ .

تمايل محور الارض - ان البحث عن درجات انحراف الكواكب لم يتبه بعد . وتابع برادلي قياساته بعد ان نقب في الملاحظات المتعلقة بالزيفان الذي اكتشفه .

وكانت الدقة البالغة جزءاً (ثانية) من الدرجة غير كافية - وقد عُرِف ذلك ، بعد قرن من الزمن - لكي يظهر مفعول انحراف الدرجة (بارالاكس) ، ذلك ان النجوم الاقرب كانت بعيدة بعداً لم يكن بالامكان تصوره في ذلك الزمن .

ولكن هذا اتاح ، من مجمل الرصدات ، اكتشاف (1737)، ثم بعد عشر سنوات ، تحديد تفاوت معقد ملته تساوي 18 سنة .

وهذه المدة هي ايضاً مدة الدوران ، دوران خط عقد القمر . وقد سبق لنيوتن ان فسر انتقال

(1) راجع القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 3 .

مكان محور دوران الأرض ، بتأثير الشمس والقمر، على الانزياح الاستوائي في الأرض . وقد استنتج برادلي من ذلك ان التاريجح ، خلال 18 سنة ، تأرجحاً في الموقع النسبي لسطح المدار القمري بالنسبة الى سطح خط الاستواء الأرضي ، يجب أن يُدخل تفاوتاً بذات المدة في حركة محور دوران الأرض ؛ واحداثيات النجوم أُسندت بالتالي إلى نقطة متحركة وتتغير بصورة دورية

وقد جر تحليل الرصدات برادلي الى وضع - بالنسبة الى محاور مدار التاريجح (Nutation) الذي يرسمه القطب - مقدار $18''$ و $16''$ (وهما قيمتان مقبولتان اليوم : $18,40''$ و $13,8''$) .

الانكسار الفلكي - هناك ظاهرة مختلفة تماماً ولكنها تدخل بنفس الظواهرات السابقة ، في تخفيض الرصدات الظاهرية ، وهي الارتفاع الذي يصيب الشعاع الضوئي اثناء مروره عبر الفضاء الأرضي . هذه الظاهرة التي تتجاوز $30''$ عند الافق ، لم تفت الرصاد الاقدمين ، ولكنها ظلت مقصورة على الارتفاعات الخفيفة . وعرض المنظرون الاولون ان الانحراف مستمر ، وهو تنازلي منذ الافق ، ويلتني فقط عند السميت : على هذا كان كيبلر Kepler سنة 1604 (لانه لم يكن يعرف قانون التجاويف « سينوس ») وكذلك ج.د.كاسيني J.D.Cassini سنة 1666 ، يوم كان ما يزال في بولونيا . ولكن دقة القياسات لم تكن تسمح بتقييم مقدار الثقة التي كان من الواجب اسنادها الى هذه النظريات .

والانكسار، الذي يتجاوز $30''$ عند المسافات السمتية ذات 30 درجة ، يجب اعتباره الان بصورة اصح . وبنيت على هذا جداول مختلفة . وكانت جداول برادلي ، المستخرجة من سلاسل ملاحظاته الطويلة ، مقبولة في انكلترا . اما بوغر Bouguer الذي وضع جداول نصف نظرية ، فقد درس ايضاً مفعولين مهمين ، اثناء رحلته الى خط الاستواء ، هذه الرحلة التي سنذكرها فيما بعد . فقد وجد بالنسبة الى الانكسار الافقي ، فرقاً مقداره $35''$ بين المقدار عند مستوى البحر والمقدار المقاس في كيتو، التي تقع على ارتفاع 3000 متر تقريباً . ومن جهة اخرى فقد قبل بهبوط عند خطوط العرض الدنيا ، مقداره $7''$ بين خط العرض 50 وخط الاستواء ؛ والواقع المقصود هنا هو تأثير الحرارة ، تأثيراً اشته به بوغر فقط . ومهما كانت هذه الجداول غير مكتملة ، فقد اتاحت ، بالنسبة الى المسافات السمتية الاقل من 45° ، ان لا تدخل على الانكسار خطأ اعل من مسافات الرصد بالذات .

ولا يوجد اي مشجع ايجابي لصالح نظريات الانكسار الفضائي ، عندما عالج المشكلة لابلاس سنة 1804 . وحله يجب ان لا يكون قد تغير تغيراً مشرعاً ، فيها بعد ، انه ما يزال مرضياً بمقدار ما يسمح به الغموض النسبي الذي حددت به الظاهرة .

IV - الحركات في النظام الشمسي

ليست حركات الكواكب هي التي سوف تكون موضوع بحوث شهيرة ؛ ان قوانين كيبلر، التي تترجم الفعل الرئيسي ، اي فعل الشمس تمثل هذه الحركات بصورة ادى . وقد جرى التركيز ،

بالعكس، على دراسة المذنبات، وهي نجوم شاذة، وعلى القمر لان حركته غير المنتظمة حلت بلين Pline القديم على القول انها ابي هذه الحركة تعذيب افكار الرصاد، كما حلت نيوتن على القول بانها تسبب وجع الرأس والارق.

المذنبات - منذ تيكوبراهي Tycho Brahé كان من المعروف ان المذنبات هي ذات تغير ظاهري غير محسوس، وليست ضمن فضاء الأرض. وقد رسمت مساراتها، رسماً تجريبياً: مستقيماً أحياناً ومستديراً أو بيضاً. وقد وضع نيوتن قانون الجاذبية حتى اشمله المذنبات، ورسم مداراتها بشكل اهليلجي مستطيل يشبه البارابولات في المنطقة المجاورة للشمس حيث رصدها يكون ممكناً (رصد الاهليلجات) وقدم أيضاً طريقة لتحديد المدار البارابولي انطلاقاً من ثلاثة رصدات للاتجاه، بواسطة بناء رسمي وتقريبات متتالية؛ وهي طريقة غير مكتملة ولكن دقتها ترضي، نسبة إلى دقة رصدات ذلك الزمن.

من المعروف ان هالي Halley طبق هذه الطريقة على تحديد مدار مذنب 1681 - 1682⁽¹⁾. وقد حرص أيضاً على حساب مدارات المذنبات القديمة التي سبق ورصدت رصداً كافياً، وقد عثر منها على 24 مذنباً. وكان منها اثنان لها نفس عناصر الزوايا، (مع فرق أقل من درجة، مثبتاً موقع سطح المدار وموقع محوره) التي كانت للمذنب 1682. وكانت نقطة الرأس (أي النقطة الأقرب إلى الشمس في مدار المذنب) بالنسبة إلى المذنبات الثلاثة، متساوية للسافة بالنسبة إلى الشمس. وكانت سنوات ظهور المذنبات وهي 1531 - 1607 و1682، تتوافق بحيث تسمح برؤية نفس الشيء في المذنبات الثلاثة، التي رسمت مداراً بيضاً من 76 سنة. وكانت نقطة المدار الأبعد من الشمس قد تحددت بمقدار المحور الأكبر للقطع الاهليلجي، المستخرج عملاً بقانون كبلر الثالث، والواقع أبعد عن الشمس أكثر بـ 18 مرة من بعد الأرض عنها، أي مرتان أبعد من أعظم مسافة تبعداها أبعد الكواكب المعروفة يومئذٍ وهي زحل.

وقد تنبأ هالي إذاً برجوع المذنب، لسنة 1758، المذنب الذي كان رصده سنة 1681 - 1682. وكان لعودة المذنب في التاريخ المحدد، وهو أمر سوف تعود إليه، كان له وقع عظيم. وكان له أيضاً نجاح باهر بالنسبة إلى نظرية نيوتن. وكان لذلك أيضاً أهمية سيكولوجية بسبب التأثيرات الغامضة، الضارة عموماً، التي تعزى، بحسب المعتقد الشعبي إلى أشياء تخرج ظاهرياً عن نطاق القوانين الطبيعية. هذه المعتقدات الراسخة، قد تحطمت بعمق، ولم تعد للظهور إلا من عهد قريب.

تحديد المدارات - لم يوجد بعد ذلك أي مذنب دوري مكتشف قبل مذنب انكي سنة 1818. وقد سجل مروران لهذا المذنب في آخر القرن الثامن عشر، ولكن ظهوره لم يكن كافياً حتى يبرز للعيان. في هذه الأثناء كان العمل من أجل التعرف على المذنبات قد اعد، من قبل البحوث المخصصة لاستكمال طريقة نيوتن من أجل حساب المدارات انطلاقاً من ثلاثة رصدات. ويعبر عن

(1) راجع أعلاه القسم 2، الكتاب 1، الفصل 3.

المسألة جيومترياً بعبارات بسيطة : العثور على غروط ذي بؤرة معروفة يقطع ثلاثة اتجاهات محددة في الفضاء ، في نقاط بحيث تكون السطوح المكنوسة بالشعاع السهم المنطلق من الشمس ، على طول القوسين المحددين على هذا الشكل ، بنسبة معروفة (نسبة تباعد زمنيين يفصلان الملاحظات الثلاث) . والحل ليس جبرياً .

وحالة الحركة البارابولية ، التي كانت وحدها تم في تلك الحقبة من اجل تطبيقها على المذنبات ، تلقت من اولير Olbers سنة 1790 ، المعالجة التي ما تزال مستعملة اليوم ، والعنصر المهم في هذه الطريقة هي صيغة ، تربط ، فنياً بين موقعين ، الحقبة الزمنية والاشعة ، والحبل القاطع La corde نشرها اولر Euler بعيد 1744 . وتلقت هذه الصيغة ، في اغلب الاحيان ، اسم الرياضي الذي وجدها بنفسه مستقلاً ، بعد بضع سنين ، هو لامير Lambert ، الذي من مزاياه انه كان لديه الالهام بالدور المتواضع الذي تلعبه درب المجرة في قلب الكون النجمي .

وحالة الحركات الاهليلجية عولجت نظرياً من قبل لابلاس سنة 1780 ولاغرانج (1778 و1783) وطرقهما المختلفة لما تستثمر فعلاً حتى اليوم ، وليس من المستبعد ان تكون طريقة لابلاس غير ذات استعمال مريح .

جداول القمر - ان المفعول المتبادل بين الكواكب لم يكن امراً غير محسوس . وقد اهتم نيوتن بالامر ؛ بل انه اطلق الفكرة بان الاضطراب الذي تحدثه هذه المفاعيل في الحركات يقتضي بصورة دورية التدخل الالهي ، وفي هذا موضوع انتقاد امسك به لينيز . والواقع ان « الاضطراب » المنسوب الى الارتميات محنود ، ويتلق قبل كل شيء بالقمر .

ان جداول القمر ، اللازمة يومئذ للبحارة ، كانت ذات طبيعة تجريبية في اواسط القرن التاسع عشر . فقد كان المطلوب من الارصاد تقديم كل المعاملات Coefficients المتعلقة بالتفاوتات التي اتاحت القياسات كشفها ، وفيها بعد معاملات التفاوتات التي قفست النظرية بتوقعها . وبني هالي ثم ت. مايز T.Mayer جداول سندا لرصوداتهم الطويلة المتتالية . ونشرت جداول ماير سنة 1770 ، اي بعد ثماني سنوات من موته ، وتلت لمدة طويلة قيد الاستعمال . وقد خصص البرلمان الانكليزي لآرملته مكافأة قدرها 3000 ليرة استرلينية عن هذه الجداول .

التسارع الزمعي للقمر - بين العناصر المعقدة في حركة القمر ، يحتل التفاوت الزمعي مكانة خاصة : فقد لاحظ هالي وهو يقارن بين تولد الكسوفات المدونة منذ العصور القديمة ، لاحظ سنة 1693 ان حركة القمر حول الارض تتسارع . وفيها بعد قدرت . ماير بـ 13" ثم بـ 18" ، في كل قرن ، التزايد المتوسط حركة القمر في كل قرن . ومثل هذا الحدث لم يكن موضوع نقاش : فقد ترجم بتفاوت في موقع القمر بلغ درجة واحدة في 20 قرناً .

وأدى قانون المساحات الى تقلص مقابل في المسافة بين القمر والارض ، يؤدي الى التصاقها وهذه الكارثة وان كانت بعيدة جداً فهي تبعث على الحشية . وقد اطمأنت العقول المهتمة بأبدية ركيزتنا ،

عندما ربط لابلاس في سنة 1787 هذا التفاوت بتفاوت ناتج عن انحراف مدار الأرض عن مركزه ، بعد أن حدد مقداره . وبالفعل ان التغير في المسافة الوسطى بين الأرض والشمس ينعكس على المسافة الوسطى بين القمر والشمس . ومتوسط حركة القمر مرتبط جزئياً بهذه المسافة الأخيرة أي بالمسافة بين القمر والشمس . ويعود الأمر في النهاية الى نوع من التفاوت الدوري الضعيف المدى المعزى الى الارتجاجات الكوكبية في المدار الأرضي . ولكن الحقبة هي من الطول بحيث ان الظاهرة ، تبقى لعدة آلاف من السنين واحدة بشكل محسوس .

والاتفاق بين القيمة النظرية التي وضعها لابلاس والقيمة المبنية على التجربة كان اتفاقاً كاملاً . ولكنه لم يكن الا ظاهرياً : فالحدود المهيولة في الحساب ردت فيها بعد الزيادة الزمنية الى 14⁴ ؛ أما القياسات المعاصرة فتحمّل المقدار المرصود الى 25⁴ . ومن المعروف اليوم ان القيمة المرصودة ، يجب ان تجرد ، فعلاً من مفعول مهم اتاحت القيمة النظرية تقديره بدقة : فالوحدة التي استعملت لقياس الأزمنة ، واليوم الشمسي الوسطي ، تزداد كل قرن ، لان دوران الأرض يصيبه البطء . هذه الحسارة في الطاقة الحركية تعزى في معظمها الى التو في البحار وإلى لزوجة الماء التي يجب ان لا تهمل . وكان الفيلسوف كانت Kant قد استشعر في سنة 1754 بهذا البطء الأرضي وسببه .

مشكلة عدد الاجسام n - لا تنفصل الدراسة التحليلية لحركة القمر عن البحوث حول الارتجاجات ، أي عن دراسة الموضوع الشهير موضوع عدد (n) الاجسام : حركة عدد من النقط المادية تتجاذب بحسب قانون نيوتن .

في حالة وجود مذنب ، ذي جرم لا يستحق الذكر ، تكون المسألة مبسطة : يكفي ، على حدة حساب الارتجاجات التي يتلقاها المدار الكيلوي من قبل الكواكب الأكبر او من التي يقترب منها المذنب أكثر . ولهذا وضع كليرو Clairaut تاريخ العودة الى النقطة الأقرب من الشمس ، للمذنب هالي ، بعد الأخذ بالاعتبار تأثيرات زحل والمشتري ، وحدد هذا التاريخ في 13 نيسان 1759 ، أي بتأخير عدة شهور عن التاريخ الذي تحدده حركة غير مرتقفة . وقد حدث المرور الفعلي قبل شهر من التاريخ المحدد ، ذلك ان تقديرات اجرام الكوكبين ، غير المؤكدة لم تتح دقة أكبر ، رغم ما امتازت به فعلاً .

وتبدو أكثر تعقيداً المسألة المتعلقة بالكواكب التي تتفاعل فيما بينها ، وكان اول مفعول من هذا النوع قد لوحظ بعد سنة 1675 : فقد لاحظ هالي وجود تفاوتات بالتجاهاات متعكسة في حركات المشتري وزحل . وعرضت دراسة الارتجاجات المتبادلة بين هذين الكوكبين كموضوع ذي جائزة قلتمته اكااديمية العلوم في باريس سنة 1748 وسنة 1752 . وريخ اولر Euler الجائزين . وبهذه المناسبة ادخل الطريقة التي اصبحت اليوم كلاسيكية . والتي اطلق عليها الاسم الغريب « تغيرات الثوابت » . وتمت دراسة حل نظام المعادلات التفاضلية انطلاقاً من دراسة نظام قريب ولكنه قابل للتكامل : فتوابت مكاملة النظام الأخير ، المعبر عنها تبعاً للمتغيرات الأساسية ، هذه الثوابت اعتبرت كمتمغيرات جديدة .

وبفضل اعمال كليرو ، ودالمبير ، واولر ، ولاگرانج ، ولابلاس ، اصبحت المسألة ، ان لم تكن محولة ، فعل الاقل مطروحة بالشكل النهائي الذي يسمح بالمعالجة العديدة لمختلف الحالات . ومن النتائج الرئيسية لهذا العمل الضخم نكتفي بالاشارة فقط الى بعض النتائج التي يمكن ان تصاغ ببساطة .

لقد اعطى دالمبير سنة 1749 لمبادرة الاعتدالين (Précession) تفسيراً اكثر دقة من التفسير الذي قدمه نيوتن ، واعطى للانحراف الارضي (Nutation) المحدد منذ ستين تقريباً ، تفسيراً رياضياً ، لم يستكمله بواسو Poinso لا بعد مئة سنة .

ورد لاگرانج مسألة الاجسام الثلاثة الى حل نظام المعادلات الاثني عشرة الى تفاضليات العناصر الآتية في المدار ، وهي المعادلات التي سميت بمعادلات لاغرانج الكلاسيكية في الميكانيك السماوي . وهذا النظام سوف يكون اساساً لكل الدراسات اللاحقة وبصورة خاصة لاعمال لوفريه Le Verrier ؛ لقد انبثقت جداول الكواكب عنه .

استقرارية النظام الشمسي واصالته - يعتبر لابلاس ولاگرانج مؤلفي النتيجة الشهيرة حول ثبوتية المحاور الكبرى . فقد بين لابلاس سنة 1773 ان طول محاور المدارات الكوكبية لا يتغير مع الزمن بعد تقريب النظام الاول بالنسبة الى الاجرام والثاني بالنسبة الى الخروج عن المحاور او المراكز وبالنسبة الى الانحرافات ، ورفع لاگرانج ، بعد ذلك بـ 3 سنوات القيد المتعلق بالخروج عن المركز وبالا انحرافات ولكنه بشكل خاص قدم اقتراحاً بتبيين مدهش في فخامته وبساطته . واذا كان من الصواب التوضيح بان استقرارية النظام الشمسي لم تقرّر بهذه النتيجة الا بشكل نسبي ؛ واذا كان بواسون قد وسعها سنة 1809 بحيث تشمل النظام الثاني من الاجرام ، فقد ثبت تماماً فيما بعد ان هذه النتيجة لم تثبت عند التقريب الثاني ، فيجب ان لا ننسى ان المسألة الحقيقية رغم فورما الشديد من المسألة الرياضية فهي تنفصل عنها حتى بالفاعيل الفيزيائية اكثر من بعدها عنها بالحدود المهمة في المعالجة الرياضية .

وتدرج نشر كتاب الميكانيك السماوي لمؤلفه لابلاس Laplace ، بين 1799 و 1825 . اما نيوتن فقد دمج المعارف في عصره ، وقام لابلاس بتحليل معارف عصره . وكثير من هذه المعارف كانت لعمدة جهوده الخاصة⁽¹⁾ . الى جانب هذا البناء ، كانت هناك محاولة تركيبيّة متواضعة بشكل مذكّرة ادخلت ضمن كتاب « عرض نظام الكون » (وهو كتاب نشر سنة 1796 ، ثم عدل عدة مرات) : وهي فرضية تكون النظام الشمسي انطلاقاً من سديم اولي اخذ يبرد بصورة تدريجية . وعلى الرغم من عدم وجود اي حساب تبريري في النص ، فان العالم المثقف الذي اليه يوجه الكتاب ، قد وعى تماماً انه يوجد

(1) بعض هذه المظاهر في كتاب لابلاس سوف تعالج في المجلد التالي (القرن التاسع عشر) .

هنا ، ولأول مرة ، تمثيل للكون ذو طبيعة علمية حقة⁽¹⁾ . فالفرضية السديمية ، التي ظلت مقبولة لمدة طويلة ، ثم انتقدت دون أن تستبدل أبداً بأفضل منها ، جلدت ، من عهد قريب ، في ضوء تقدم الفيزياء الكوكبية ؛ وأصبحت تستند إلى فرضيات علم الكون الحديثة التي تبدو أكثر قوة ومتانة .

٧ - أحجام النظام الشمسي

دلت الملاحظة على اتجاهات الكواكب ، وبفضل قانون كبلر الثالث Kepler III عرفت مسافاتها النسبية . ولمعرفة السلم الذي تجري بموجبه هذه التحركات من الضروري رد أحد العناصر إلى مسافة أرضية ، هو الشعاع الاستوائي الأرضي ، بالنسبة ، وبالتالي قياس زاوية الاختلاف (بارالاكس) الوسطية . وبارالاكسات الشمس والكواكب تعرف من واحدة منها ، وتصبح المشكلة تحديد بارالاكس الشمس (بصورة مباشرة أو غير مباشرة) ، أن كوكبنا التابع [القمر] وحيد ، وتحديد البارالاكس القمري هو مسألة ثانية مستقلة .

والوسيلة الطبيعية لقياس البارالاكس هي تريغونومتريّة ، شبيهة بتثليث توبوغرافيين أو علماء المساحة . ويجري الأمر بالنظر المتزامن إلى الشيء من محطتين تكون مواقعهما النسبية محددة . وزاوية الرؤية تكون ضعيفة بحيث أن المحطات تكون بعيدة جداً . ويجب ربطها بواسطة الإحداثيات الجغرافية التي تحدّد كواكبياً .

نضيف أن البارالاكس يتغير عكساً مع المسافة . ولتشيت الأفكار نقول أن البارالاكس البالغ 10" تتطابق معه مسافة من 2656,5 شعاع استوائي أرضي ، أي ما يعادل 132 مليون كيلومتر .

مهمة كايان Cayenne - في سنة 1670 كلفت أكاديمية العلوم جان ريشر Jean Richer بمهمة علمية في مدينة كايان . ومن القياسات المهمة التي أجراها سنة 1672 و1673 ، نذكر هنا ملاحظاته حول كوكب المريخ . الذي حصل مروره في الوجه المعاكس خلال تلك الحقبة ، بحيث كان في موضع أبعد ما يكون عن الشمس . أنه طرف مر فيه الكوكب باقضى وقته من الأرض . وبواسطة قطع (Secteur) من مترين قاس ريشر فروقات الارتفاع الهجري ، أي الميل بين المريخ والكواكب المجاورة . وخلال هذه الفترة كان بيكار Picard وج . د . كاسيني J.D. Cassini يعملان نفس الشيء في باريس مع نفس الكواكب . وكان الفرق في خط العرض بين المحطتين يبلغ حوالي 45° . وأتاحت مقارنة القياسات تحديد بارالاكس المريخ بـ 25" ، أثناء فترة التعارض .

في أقصى البعد عن الشمس (بريلي) ، تساوي المسافة بين الكوكب والشمس 1,38 شعاع للدار الأرضي . ومن جراء التعارض ، فإن المسافة بينه وبين الأرض هي 0,38 . أي أن البارالاكس

(1) الواقع أن تمثيل كانت Kant 1755 ، رغم ضعفه الأكيد يمتاز بالأسبقية ولذا يطلق غالباً على الفرضية السديمية اسم لا بلانك كانت Laplace Kant .

الشمسي الذي هو بالنسبة الى بارالكس المريخ، ضمن هذه النسبة 0,38 يكون $5,9''$ (القيمة الحقيقية هي $8,8''$). وقبل هذا التحديد كانت كل الفرضيات حول الابعاد في النظام الشمسي من نسج الخيال الخالص.

وتمضي اكثر من ثلاث ساعات بين مرور كوكب في خط هاجرة باريس وهاجرة كايان . وميل المريخ يصاب بتغير أثناء هذه الحقبة من الزمن ، تغيراً ضعيفاً ولكن معروف . أما انحراف القمر فإنه يختلف بشكل كبير يجب معه إجراء رصدات متتالية عملياً من أجل التحديد الدقيق للدرجة انحرافه (بارالكس) : والملاحظات يجب أن تكون على نفس خط الهاجرة . وقد جرت محاولة على أساس هذا المبدأ سنة 1704 . وكانت المحطات في برلين وفي مدينة الكاب (جنوبي افريقيا).

عملية 1751 - صممت عملية واسعة بشكل استثنائي ، متعلقة بالشمس (عن طريق رصد المريخ) ، وبصورة رئيسية بالقمر ، من أجل معرفة مقابل أقصى نقطة بعد للمريخ عن الشمس سنة 1751 ، واخذ العلماء : لاکاي Lacaille في الكاب ، لالند Lalande في برلين ، وبذات الوقت ، كاسيني دي تورى Cassini de Thury في باريس ، وزانوتي Zanotti في بولونيا ، وبيردالي في غريتش ، وورجونتين Wargentini في ستوكهولم ، اخذ هؤلاء العلماء يرصدون الارتفاعات الهاجرة للقمر . وأدت مقارنة نتائج لاکاي ولالند الى تحديد نتيجة ممتازة بالنسبة الى زاوية انحراف القمر بارالكس $57'$ و $11''$ ؛ في حين أن القيمة الصحيحة هي $75'$ و $2''$ ($57' 02''$) ، ولكن النقاش العام حول الملاحظات الرصدية كان صعباً ، إذ بلغت بعض القيم المستخرجة أكثر من $58'$ في حين أن بارالكس القمر كان منذ زمن طويل معروفاً نوعاً ما ؛ إذ من أجل إقرار قانون الجاذبية الكونية ، اتخذ نيوتن كقيمة لمسافة القمر ، ستين مرة شعاع الأرض ؛ وكانت الأعداد المقبولة في زمنه 60 أو $60,5$ وهي تطابق $57' 20''$ و $56' 50''$. ويعمدل وسطي لم تكن التحديدات الجديدة أكثر دقة من هذه الأخيرة .

ووجد بارالكس مارس يساوي $27' 7''$ مؤدياً بالنسبة الى بارالكس الشمس الى قيمة $10' 25''$ ؛ وقدمت بمئة كايان Cayenne نتيجة أفضل . وإذا كانت بمئة لاکاي الى الكاب اكثر جدوى من نواح اخرى ، فانه لا يمكن اعتبار ان عملية 1751 قد حققت في مجملها الوعود المنتظرة منها . ولكنها كانت جيدة من نواح اخرى ؛ فهي قد تجاوزت مرحلة مجرد التعاون بين فلكيين اجانب ، كما كان يحصل في كل زمان ، فانه من الواجب اعتبارها كاول مثل للتعاون العلمي الدولي . انما كان لا بد من مشاريع اخرى من ذات الطبيعة ، يقوم بها فلكيون ، قبل ان تشكل في القرن العشرين الاتحادات العلمية الدولية الكبرى .

مرور الزهرة - ان الكواكب الادنى ، وبخاصة الزهرة قربه من الارض ، اثناء التلاقي . ولكن مرورها يحصل نهاراً ، والقياسات المتعلقة بالكواكب المراجع تكون مستحيلة . وهذه القياسات تبدو غير مفيدة في الحالة التي يصل فيها الكوكب الى حالة الاتصال ، في فترة يكون فيها الكوكب في عقلة مداره .

ويرسم الكوكب عندئذ على صحن الشمس . وتختلف مدة المرور بحسب مكان المراقبة ،

بحسب طول الوتر الذي يرسمه الاتجاه الظاهر للكوكب فوق الصحن . وهذه المدة هي العنصر الوحيد الذي يجب قياسه . وقد بين هالي سنة 1716 ان وضوحاً كبيراً يجب توقعه من هذه الطريقة في تحديد درجة انحراف الشمس (بالركس) .

ومرور الزهرة فوق الشمس نادر ، وهذا المرور يتم مرتين كل ثماني سنوات . وعدد مرات المرور التالي في نهاية 113 الى 130 سنة . ومرات المرور التي حدثت سنة 1761 و1769 اجبرت الكثير من علماء الفلك على الانتقال بين سيبيريا ومدينة الكاب ومن كاليفورنيا الى تاهيتي تنقلات ليس المجال هنا لذكرها . ولكن الرحلة الاوديسية لآكثرهم سوء حظ يجب ان تذكر .

عين لوجتيل من قبل اكااديمية العلوم ليذهب الى محطة بونديشري ، فذهب وبعد رحلة دامت اكثر من سنة وصل لوجتيل Le Gentil الى هذه المدينة . ولكنه لم يستطع النزول فيها : فقد كان الانكليز يحاربون الفرنسيين منذ سنة 1756 وكانوا يحتلون المدينة في ذلك الحين . وتم مرور الزهرة سنة 1761 عندما كان لوجتيل في البحر . فقرر انتظار مرور 1769 ، واخذ يتجول على طول شواطئ المحيط الهندي والمحيط الباسيفيكي واخيراً وصل الى بوندي شيري سنة 1769 (بعد ان كانت حرب السبع سنوات قد انتهت) . وفاته ايضاً رصد هذا المرور الثاني بفعل مرور غيمة عارضة . وعندما عاد الى فرنسا سنة 1771 كانوا قد حسيوه قد مات : وقد اقتسم ورثته امواله .

ونتائج القياسات المجرة على المرويين كانت مختلفة . فبالركس الشمس كان يقع بين 8° و 10° وادى نقاش الكل به انكي Encke سنة 1824 الى اعتماد 8° و 58. وأدت التصحيحات في خطوط الطول غير اليقينية في المحطات الى اعتماد 8° و 83 في سنة 1870 . وهذه القيمة قريبة من القيمة المعتمدة اليوم والبالغة 8° و 79. ولكن هذا الاتفاق كان عرضياً في الواقع .

ودلت التجربة ان العلماء قد بالغوا في احتمالات قياس البارالكس الشمسي بفضل مروررات الزهرة : ذلك ان تقدير لحظة التماس كان صعباً . وبالعكس ان طريقة الممارضات ، المطبقة اليوم على بعض الكواكب الصغيرة التي تقترب كثيراً من الأرض تعطي نتائج ممتازة .

VI - شكل الأرض

التفريعات الاولى - اضطر نيوتن ، بفعل التحليل النظري الى افتراض ان الأرض لم تكن كروية : فالشكل الكروي لم يكن حلاً لمسألة التوازن النسبي في جرم متسق ذي دوران موحد الشكل . وافترض نيوتن ان الجرم يؤثر في شكل الاهليلج الدائري⁽¹⁾ . واثبت ، وهو يدمج التجاذب المتبادل بين الجزيئات والقوة الدافعة المركزية ، ان المدار الاهليلجي مرقق ومسطح وان التسطيع يساوي 1/230 .

(1) ويذكر اليوم أيضاً بناء على عهدة لابلاس ان نيوتن قد قبل بدون تبين قانون تغير الجاذبية الأرضية بحسب المواقع من خط العرض . ولكن هذه الملاحظة ليست ثابتة .

في سنة 1690 ظهر مضموماً الى كتاب هويجن ، كتاب « الانوار الشهير وخطاب حول مسبب الجاذبية الارضية » . وقد رفض هويجن الجاذبية المتبادلة ، وقال بان كل جزيء يتلقى بصورة مستقلة جذباً نازعاً نحو المركز وثابتاً . وقد حلد بدون فرضية صورة التوازن (والمسألة هي ابسط من مسألة نيوتن : انه جسم اهليلجي مسطح ، وتسطيحه يساوي $1/578$ ، وبصورة عرضية بين ان افترض وجود جذب (نحو المركز وغير متبادل) بحسب قانون عكس المربع يؤدي الى نفس النتائج .

وهذه الاعمال لها عدة مصادر، من بينها التغيرات التي سبق الظن بها عن وجود تغير في الجاذبية الارضية بحسب الموقع من خطوط العرض . وقد اضطر ريشر سنة 1672 في كايان الى تقصير طول رقاص ساعاته : وقد لاحظ هويجن نفسه مفاعيل من هذا النوع : وهكذا تنخفض الجاذبية عند خط الاستواء .

وتنتج الجاذبية الارضية عن الجذب بالذات (الذي هو فعل الجذب الكوني) وعن الاثر ، بالاتجاه المعاكس للمكون الشعاعي للقوة الدافعة عن المركز . وهذه القوة النازعة عن المركز تزداد عند خط الاستواء بحسب قانون معروف جداً ، ويبدو تغير الجاذبية في ملاحظات الرقاص ، كبقية او حصيلة تغير ، وتأثير المسافة الى مركز الارض يمكن ان يكتشف ، يوثق ، ولكن كان من السابق لاوانه المبحث في هذا المفعول عن معطيات واضحة حول شكل الارض .

القياسات الجيوديزية - (او القياسات التي تعني بشكل الارض وقياساتها) ان الدراسة المباشرة لانحناء خط الماجرة يتم انطلاقاً من قياس المسافة التي تفصل بين مركزي واقعين على نفس خط الماجرة، وقياس الفرق بين خطي عرضهما ، الذي يعطي قياس زاوية عاموديهما . وشعاع الانحناء ، انحناء القوس المقاس هو شعاع الارض لو كانت هذه كروية ؛ في الفرضية المعاكسة يتغير الانحناء بحسب خط العرض الوسطي للقوس ويكون طول الدرجة ، اي القوس الذي يختلف بعدهاء الاقصيان بدرجة واحدة ، اكثر كبراً واتساعاً كلما كان الانحناء اقل اي كلما كانت المنطقة المدروسة اكثر تسطحاً .

وتفسير القياسات كان موضوع خطأ من جانب البعض الذين كانوا يخلطون زاوية العواميد مع زوايات الانحماجات التي تجمع الامكنة مع مركز الارض . وهذه العواميد او الخطوط العامودية لا يمكن تحديدها ، انما بالنسبة اليها يتطابق الطول الكبير لقوس من درجة واحدة مع منطقة بعيدة عن المركز اي واقعة في منطقة تمتد . وقد وقع ج. د. كسيني J.D Cassini بعد غيره ، في سنة 1704 في هذا الوبهم وكذلك وقع ابنه جاك Jacques سنة 1713 . ولكن الخطأ زال من مذكرات كسيني اللاحقة ، وقد توقف عنده العديد من المؤلفين غير العلميين طويلاً . فقد اشتكى برنردان دوسان بيار Bernardin de Saint - Pierre الذي كان يهزى الى ذوبان الثلج القطبي ظاهرة المد والجزر ، اشتكى بعنف من الموقف اللامصدق الذي وقفه الاكاديميون « المضللون على خطى نيوتن » تجاه حجته بتمدد الارض نحو القطبين وتضمن كتابه دراسات حول الطبيعة 1784 ، والكوخ الهندي 1791 شكواؤه . ومات غير

مفهوم ، كما هو الحال في ايماننا في ماترلينك Maeterlink وهو يحض انشتاين Einstein .

وعلى الرغم من التقريب الضعيف في الحساب النظري الذي يتم بالسائل المتجانس كان وجود الانتفاخ الاستوائي يقيناً بالنسبة الى نيوتن . فقد كان هذا الانتفاخ ضرورياً له لكي يشرح ظاهرة تقدم الاعتدالين . ولكن خصوم النظريات النيوتنية لم يقبلوا بها . وكان القرار الفصل متروكاً للقياسات الجيوديزية .

خط طول باريس - من المعلوم ان انجاز نظرية الجاذبية الكونية لم تكن لتحقيق على يد نيوتن الا عندما تمكن سنة 1684 من تقدير صحيح للشعاع الارضي منبتق عن « درجة بيكار » . انه قوس سوردون مالفوازين Sourdon - Malvoisine ، او تقريباً ، اميان باريس Amiens - Paris وطوله $22^{\circ}1'$ ، الذي قاسه بيكار Picard حوالي 1670 . وانطلاقاً من 1683 شرع في تمديد القوس بشكل شمل كولبور الى دنكرك . حتى كاسيني Cassini نشر نتائج هذا العمل سنة 1720 وحلها : ان طول الدرجة يبدو اقوى بالنسبة الى قوس 6° جنوب باريس مما هو للقوس شمال ذي 2° . والفرق ليس كبيراً في الواقع من جراء درجة ضخامة اخطاء القياسات . وإذا اعتبر هذا الفرق حقيقياً ، فالاهليج الارضي يصبح ممكناً . وهذا ما فعله الديكارتيون الذين انتصروا دون ان يدروا .

درجة البيرو Pérou ودرجة لا بوني Laponie - ولكن سرعان ما لم يعد هناك ديكارتيون مخلصون بين الرياضيين العظام ، غير جان برنولي . في سنة 1735 عينت اكااديمية العلوم في باريس بعثة كلفت بقياس قوس خط الطول (المريديان) على خط الاستواء بالذات ، جنوبي كيتو . والحق بعثة بيرو - التي كان بوغر Bouguer ولاكوندامين La Condamine من اعضائها البارزين - ضابطان اسبانيان لتقويتها . واشتغلت طيلة ثماني سنوات ضمن ظروف شاقة ، بسبب الارض الجبلية المستعصية على التثليث ، وبسبب المناخ الذي لا يلائم الرصد النجمي ، اضافة الى الصعوبات المالية والاختلافات الداخلية ضمن المجموعة . وساعدت مثابرة بوغر على الانتصار على العوائق . والعناصر التي عاد بها سنة 1744 ، كانت مماثلة عملياً للنتائج التي حصلت عليها بعثة المقدم بورجوا Bourgeois (1901-1906) لنفس القوس . وهذه البعثة التقت ، أيضاً ، نفس العوائق التي لقيتها الأخرى ، بل ان التحطيم المنهجي للأشادات الجيوديزية من قبل أهل البلاد كان أشد وطأة عليها .

وظن مويرتوي Maupertuis ان الاخطاء الممكنة حول النتائج لم تكن اكثر ضعفاً من الفرق الملحوظ بين درجة باريس ودرجة خط الاستواء . وقرر ارسال بعثة ثانية سنة 1736 الى قرب الدائرة القطبية . وقامت « بعثة لا بوني » بقيادته يعاونه كليرو Clairaut ، بانجاز قياس قوس طوله درجة واحدة ، بخلاف اقل من سنة (اما قوس بيرو فكانت 3 درجات) ؛ وفي سنة 1737 ، كان التسطيح نحو القطبين قد تقرر بصورة نهائية بالمقارنة مع طول درجة باريس (قبل انتهاء عمليات خط الاستواء) ، ووصل فرق الدرجة حول 1000 متر تقريباً .

إن قيمة التسطيح لم تكن قد تحددت بعد ، وطول الدرجة بلغ وسطياً 111 كلم . وهو يزداد في

الواقع بمعدل 300م تقريباً ابتداء من خط عرض باريس حتى الدائرة القطبية . إلا أن درجة ج. كاسيني قد اعدا قياسها ابنه كاسيني دي ثوري Cassini de Thury سنة 1740، وزادت قيمتها 300م اما درجة لايوني Laponie، التي اعيد قياسها 1801 - 1803، فقد انقصت بمقدار 400م. وهذا يكفي للقول بان الفرق 1000م الذي حصل عليه موبرتوي Maupertuis لم يكن الا ضعيف الدلالة، ولم يكن يتيح قياس التسطح بدقة .

واكدت بعثة بيرو، بعد سبع سنوات، استنتاجات بعثات لايوني. وفي التقرير الذي كتبه سنة 1748 احد الضباط الاسبان، وردت اشارة غريبة : قبل تحليل يأخذ في الاعتبار حركة الارض، يوجد التحفظ الشكلي الخالص ظاهرياً تجاه صحة الفرضية . واحتمالات ملاحظات محاكم التفتيش الاسبانية لم تكن يومئذٍ مستبعدة .

خارطة فرنسا - قام كاسيني دي ثوري Cassini de Thury، الملقب كاسيني الثالث، اول مدير مسمى (1771) لرصد باريس، بورشة عمل في سنة 1744 لوضع خارطة توبوغرافية لفرنسا، مرتكزة على الثلاث الجيوديزي . وكانت هذه الخارطة بسلم 1/86400، اول خارطة من هذا النوع قد تحققت . وقام ابنه بعده باكملها وتقديمها بصورة رسمية الى الجمعية الوطنية سنة 1789 . وانتهت مع هذا الابن، كاسيني الرابع، سلالة آل كاسيني، وقد ارضى الافكار النيوتونية، حتى ليتمكن الظن ان والده قد قبلها ضمناً بعد 1740 وهو يعترف بتسطح الارض .

VII - كاتالوغ النجوم

يعتبر وضع الكاتالوجات النجومية، من بين كل الاعمال الفلكية العمل الاكثر جحوداً، والاكثر لزوماً فالنجوم المسماة بالثوابت هي المزاجع الطبيعية التي تسمح بدراسة دوران الارض، ودراسة حركتها حول الشمس، وايضاً حركة الشمس بالذات في الفضاء . ويتحري العديد من الرصدات، التي قامت بها غالباً الأجيال السابقة بظهر أي مفعول جديد .

وهذه الوثائق الضرورية قد تكونت بصورة أساسية انطلاقاً من القرن 18 . وهي من صنع الفلكيين البريطانيين .

كاتالوجات الدقة - تولى ادارة مرصد غريتش عند تأسيسه فلامستيد Flamsteed وهو اول « فلكي ملكي » . وبدون جهاز بشري، وبدون اعتمادات، بنى على نفقته قطاعاً (Secteur) من مترين . ورصد بشكل منهجي، الكواكب والنجوم البراقة حتى موته سنة 1719 .

وصدرت طبعة عن رصوداته، ضد ارادته، سنة 1712، تحت ضغط من نيوتن، الذي عزا تمنعه عن نشر العناصر التي يعتبرها مثبته اثباتاً غير كاف، الى سوء النية . والواقع انه كان بإمكانه اتلافها . وأخيراً، نشر كتابه « هستوريا كولستيس بريتانيا » بعد وفاته سنة (1725) وتضمن « الكاتالوغ

البريطاني « ، وهو كاتالوغ كبير حديث ، يعطي مواقع حوالي 3000 نجم . اما الدقة فيه فيلدرجة 10". وشكله جديد أيضاً : ان الإحداثيات الاستوائية للنجوم واردة فيه وكذلك حدود تغير الاعتدالين السنوي . فضلاً عن ذلك ، يربط رصد الشمس بانتظام مباشرة هذه التحديدات بالخطوط الاساسية ويعطيها صفة مطلقة .

وخلف هالي Halley فلامستيد Flamsteed سنة 1719 . وانجز منظراً هاجرياً ذا مرورات من 1,60م ودشن استعماله بصورة منتظمة . ووضع اول كاتالوغ للسما الجنوبية (أستراليا) اثناء اقامته سنة 1677 في جزيرة القديسة هيلانة ؟ ولم تمكنه الظروف الجوية من رصد اكثر من 350 نجماً .

وخصص الفلكي الملكي الثالث ، جيمس برادلي العشرين سنة التي قضاها في هذا المركز في رصدات هاجرية ، واحصيت بعد موته فيبلغت (60 000) سنة 1762 . وتولى بسيل Bessel اختصارها ونشر سنة 1818 : « فوندامنتا استرونوميا » . . . وقد ورد في هذا الكتاب ذكر لمواقع 3222 نجماً في سنة 1755 . وهذا الرصدات بنوعيتها وحقيقتها المتأخرة ، اتخذت كأساس لكل تحديدات الحركات الخاصة بالقرن 19 ، وكذلك للتقديرات المتتالية لثابت تغير الاعتدالين .

واذا استنيت كاتالوغات لأكاي (400 نجمة برافة ، سنة 1757) وكاتالوغات ت. ماير (T. Mayer 1000) نجمة بروجية (Zodiacale) ، (1761-1756) ، فإن المواقع التي حددتها فلكيو مرصد غرينتش ، سوف تكون الوحيدة التي امكن استعمالها فيما بعد : ان استخدام المنظار الهاجري من اجل تحديد الضعافات المستقيمة يؤمن لها تفوقاً واضحاً تماماً .

ووضع نوياس ماير Tobias Mayer ، مدير مرصد غوتنجن ، سنة 1716 صيغ الاصلحات التي تسمح بمراقبة انحرافات المعدات . وكان هذا بمناسبة مربع الدائرة الحاططة ، الا ان الآلة الهاجرية هي التي استفادت منه : ان استقرار الجهاز ، في شكله النهائي ، مدين جداً لهذه الفكرة ، فكرة استبدال ضليط باستعمال تصحيح ذي مفعول قابل للقياس .

احصاءات النجوم - تكونت الى جانب كاتالوغات المواقع الدقيقة ، جداول احصائية غنية نوعاً ما . فبالنسبة الى السماء الجنوبية austral ، كان اول احصاء ، ظل وحيداً طيلة 75 سنة - هو الاحصاء الذي انجزه لأكاي اثناء مهمته في الكاب ، سنة 1751 - 1752 . وبخلاف سنة تقريباً ، وبواسطة آلة كان لشبحتها Objectif شعاع أقل من 1.5م استتم انجز الكشف على 10000 نجم ، حتى القنر Magnitude السابع ، وكان الكمال مؤمناً تقريباً حتى السادس . والى اللحظة التي اختارها لأكاي ، ارتفع في سنة 1820 ، المرصد الكبير ، مرصد الكاب ، الذي اعتبر اهم مرصد وجد في نصف الكرة الجنوبي .

واشتمل « التاريخ السماوي الفرنسي » الذي وضعه جيروم دي لالاند Jérôme de Lalande على الرصدات المجرة بين سنة 1789 و1798 في ربع دائرة ذات فتحة من 7 سنتيم ركبتي في المدرسة الحربية في باريس . وكان القسم الاكبر من هذه الرصدات يعود الى حفيده ميشال دي لالاند ، وكان

عرضها جدول منهجي حتى الضخامة التاسعة للنجوم الواقعة بين القطب والانحراف *déclinaison* البالغ (20°). وتضمن هذا التاريخ مواقع أكثر من (50000) نجمة؛ وهناك عدة مئات - مواقع النجوم المرئية بالعين المجردة - لم يسبق ان ذكرت من قبل. ورغم استعمال جهاز قديم، فقد كانت قيمة القياسات جيدة نسبياً، وان غير متساوية. ولكن الجدول لم يكن بالحقيقة كاملاً. ان هذا العمل المهم قد شكل أساساً لتوثيق ظل لفترة طويلة بدون مثيل.

VIII - علم الفلك الملاحي

لم يكن هناك في القرن 17 اية وسيلة لتحديد الطول (Longitude) البحري، فيما عدا احتساب الطريق المتبعة والسرعة المقدرة بواسطة اللوش Loch. وكانت هذه الثغرة خطيرة لدرجة ان مرصد غرينتش، قد انشئ، (والقرار الملكي ذكر ذلك بصرامة) « بغرض تحديد الاطوال لمصلحة الملاحة وعلم الفلك ».

والمسألة هي مسألة ربط الساعة المحلية، التي يقدمها قياس ارتفاعات الكواكب، بساعة خط الهجرة الاصلي. وبالنسبة الى هذا الاخير، لا توجد الا وسيلتان: « اما نقلها بواسطة ساعة رقااص او بواسطة كرونومتر خاص (اليوم بإشارات راديوكهربائية)؛ او رصد ظاهرة فلكية متغيرة نوعاً ما بحيث يمكن أن تشكل مؤشراً زمنياً، والوسيلة الثانية قلما تطبق الا على تحركات القمر. وحل المشكلة يتطلب بالتالي استكمالاً في صناعة الساعات ذات الرقااص، وفي وسيلة الرصد، ثم بناء جداول جيدة للقمر.

السكستان Sextant (السداس) - ترجم الملاحظة دائماً بقياسات للزوايا الزاوية. فوق الارض تكون التصويبات نحو الاتجاهين متتالية، وتقارن فيما بينها بواسطة دوائر مدرجة. اما فوق البحر، فان حركة الآلة تقتضي ان تكون التصويبات متتالية. وقياسات الدقة يعود تاريخها الى الحقبة التي تمت فيها امكانية رد احد الاتجاهين، بعد انعكاسين، ليتطابق مع الآخر.

وهذا الجهاز كان قد تخيله نيوتن سنة 1699، ثم حققه ونشره سنة 1731 بواسطة البصري الانكليزي هادلي Hadley. واخذى التصويبات مباشرة، اما الاخرى فمحكومة بواسطة مرآة موجهة، مستغادة بمرآة اخرى، ثابتة، واقعة على عمر التصويب الاول. وتعادل زاوية الاتجاهات ضعفي زاوية المرايا، وهي تقرأ فوق قوس دائرة حسن التدريج والترقيم، على مستوى عضادة Alidade مثبتة بمرآة متحركة، أما طول الجهاز فيعادل ضعفي شعاع القوس. وقد أمكن التوصل إلى دقة من درجة الدقيقة في الدرجة، منذ البداية مع شعاع لا يبلغ الـ 50 سنتيم.

وكانت المعدات الأولية مئتمنات (Octants) (ان فرجة القطع المدرج تعادل ثمن الدائرة وتتيح قياس الفرجات الزاوية البالغة 90°). هذه المعدات سرعان ما استبدلت « بسداسيات (Sextants) بحرية » تطبق على زوايا تبلغ 120°. والآلة الحديثة لا تختلف عن هذه الا بحجم اقل بقليل والا بالحاق منظار صغير.

وقد نقلت بعثة البيرو Pérou إحدى هذه الآلات التي كانت تسمى في فرنسا « المعسكر الجديد الانكليزي للتفكير » وذلك بقصد تجريبها . وكان تقرير البعثة ، المؤرخ من 1736 ، عبداً جداً ولكنه غير مفيد : وعندما وصل الى باريس بعد ثلاث سنوات ، كان استعمال الثمن Octant قد شاع وذاع .

ويشار انه منذ البداية ، كان بعض مثمّنات هادلي Hadley مزوداً بـ Vermier ، كان يسمى تجارزاً « تقسيم نونبوس » ، وهذا يختلف تماماً . مع ذلك وضع البنّاؤون ، وهم من المحترفين عموماً تدرجات بينها كانت تحشر ، بالقراءة فوق عارضات ، مقاطع segments منحرفة ، مقسومة ومغفورة على الطرف Limbe عند مستوى كل فرجة تقسيمات تدرجية

الكرنومترات - تختلف الساعات ذات الرقاصات البحرية بصورة اساسية عن الساعات الارضية ، ليس فقط باحلال نابض عرك مكان الوزن ، وهو عرضي ، بل تختلف بمنظماها : « الحلزون المنظم » هو نابض حلزوني مثبت بجرم متأرجح بشكل حلقة دائرية هو الموازن (او الرقاص) . وهذا التجهيز اقترحه هوجين بعد 1675 ، ثم اعتمد في بناء « ساعات البحرية » بجهود لروا Leroy ، وبرتود Berthoud في فرنسا ، وبجهود هاريسون Harrison في انكلترا . هؤلاء الصناع كانوا محفوزين بجوائز تقدمها اكاديمية العلوم والبرلمان الانكليزي (20000 ليرة استرلينية منحت لهاريسون Harrison في حين ان الراتب السنوي المخصص للفلكي الملكي كان 100 ليرة استرلينية) .

وكان المطلوب استكمال التصريف ، حتى يكون مفعوله على المنظم ثابتاً ، وحتى يمكن تأمين تضبيب اوتوماتيكي على طول النابض الحلزوني ، تضبيباً يعدل الاثر الحراري الحاصل خلال دورة (المدة التي يستغرقها دوران قمر حول كوكب سيار) . هذه المسائل كانت محلولة تماماً سنة 1770 تقريباً . وعند التجارب في البحر ، لم يتغير مسار الساعات اليومي الا ببعض الثواني اثناء سفرة من عدة اشهر وحتى من عدة قصول . واليوم ، يعتبر هامش التسامح المقبول للكرنومتر بحري ملاحي من هذا المستوى : وبالنسبة الى المسار اليومي من المقبول ، بعد شهرين ، تغير مقداره 1,5 ثانية .

رصودات القمر - ان حركة القمر بالنسبة الى النجوم الثابتة هي تقريباً (1') واحدة بالديقيتين . وهي اصعب تقديراً من حركة الابرة فوق ميناء Cadran الكرونومتر ، ولكنها اكثر امانة . ويمكن تحديد المسافات بين القمر والنجوم للمجاورة (طريقة المسافات القمرية) ، والسكستان (السداس) البحري يساعد على هذه القياسات . ومن الادق رصد لحظات اختفاء Occultation النجوم وراء القمر ، ولكن رؤيات النجوم البراقة تبدو فقط عارضة . اما النجوم الضعيفة ، فلم تكن حسنة التصنيف في ذلك العصر .

وهذه الطرق معروفة منذ القديم . في سنة 1499 ، وثناء اول سفرة له ، سنحت الفرصة لامريكو فسبوشي Amerigo Vespucci ، ان يجلي بقياس المسافة بين المريخ والقمر ، بعد فترة وجيزة من اتصالاتها . واستعمالها مرهون بامتلاك الازياج القمرية مجدولة بحسب وقت خط الهجرة الاساسي . ولهذا الغرض ، عرضت الحكومة والاكاديميات استكمال نظرية القمر ، كموضوع مسابقة اثار المنافسة

بين كليرو Clairaut ، ودالمبير d'Alembert ، واولر Euler وماير Mayer . وقد ساعد هذا على التقدم العام في الميكانيك السماوي . أما بالنسبة الى خطوط الطول Longitude فالطرق قلما أعطت الا دقة خفيفة ، سبقتها دقة حل الساعة بالكرونومتر .

واليوم ، تلعب ملاحظة الاحتجاجات دوراً مهماً ، ولكنه يتعارض بحق مع الدور الذي كان لها يومئذٍ : فالوقت المحلي وقد أصبح معروفاً ، يتيح موقع القمر بربطه بسلم الوقت الموحد الذي تبنى الجداول على أساسه . وترجم الفروقات الشذوذات غير المتوقعة ، في سرعة الدوران الأرضي ، وهي شذوذات اكتشفت حديثاً .

وبخلال العصر ، ولدت ثلاثة علوم : الجيوديزيا (او علم البحث في شكل الارض وقياساتها) وعلم الفلك ، والميكانيك السماوي التحليلي ، واوجدت طرقها ، وابتكرت اجهزتها وقطفت ثمارها . واصبحت الارض ، والكواكب والمذنبات ، ابي العالم الذي هو حقيقي في اعيننا ، والنجوم ليست الا زينة ، كائنات مألوفة . فقد وصفت جيومترياً وحددت مواضعها وحتى اوزانها .

ان قسماً من الطبيعة قد فقد سره : ولحسن الحظ ، فتح مجال جديد امام الخيال . ان انشاء التلسكوب قد تم على مهل⁽¹⁾ ، ولكن في سنة 1781 حصل و. هرشل W.Herschel بفضلته على اكتشاف جسم جديد في النظام الشمسي ، الكوكب اورانوس .

ان علمنا الصغير سوف يفتني سريعاً بكثير من الاعضاء الاخرى المجهولة التي تتجاذب في متناولنا . ان العالم الثابت ، عالم الكواكب سوف يحيا ويبرز بتنوعه المعجيب . وكما هو الحال دائماً ، وأبداً ، لقد تمهد حقل البحوث

(1) إن انجاز العاكسات ، والاكتشافات الكبرى التي نتجت عنها ، مثل اكتشافات وليم هرشل William Herschel سوف تدرس في المجلد التالي .

الكتاب الثاني :

العلوم الفيزيائية

يرتكز التمييز بين علوم نظرية وعلوم فيزيائية، الذي ادخلناه في هذا القسم الثالث، على درجة الرخصة العالية جداً التي وصلت إليها في القرن الثامن عشر الميكانيكا وعلم الفلك. وهما علمان، وإن لم يتركا اللجوء إلى الملاحظة وإلى التجربة، فإنها يبدو أن أكثر فاكثراً وضوحاً، كقطاعتين خاصتين مميزين في تطبيق الرياضيات، ويستحقان من جراء هذا النعت، « بالعلوم النظرية ».

وبالمقارنة، في هذا المطلع من القرن الثامن عشر. تبقى الفروع الأخرى من العلم والتي نجعلها تحت تسمية علوم فيزيائية: مثل البصريّات، السمعيّات، الحرارة، المغناطيسية، الكهربائيّة، والكيمياء، تبقى في مراتب من التطور النظري أقل تقدماً.

وبخلال القرن ادى تقدم تقنيات الآلات، وازدهار النيوتنية، وتقدم الرياضيات إلى تطور سريع في هذه العلوم المختلفة وإلى اصلاح بنيات البعض منها.

في مجال البصريّات إذا كانت نظرية نيوتن حول الانبثاق قد عرفت نجاحاً غير منكر، فإن الإبقاء على نظرية منافسة من النمط التموجي يدل، في كل حال، على عمل يونغ Young وفرنل Fresnel. وكذلك إذا كان تدخل المعادلات ذات المشتقات الجزئية قد فتح الطريق أمام السمعيّات النظرية، فإنه في مطلع القرن التاسع عشر فقط تشكلت البصريّات النظرية، بمعمونة البحوث التجريبية. ودراسة الحرارة، الأقل تقدماً بشكل واضح، رأت معاملها الأساسية تتوضح واخذت تهيم صيغتها النظرية وتطبيقاتها الأولى. أما المغناطيسية والكهرباء الثابتة (الكتروستاتيكي)، رغم بقائهما في حالة من التجريب بدائية، فقد عرفت ازدهاراً بارزاً على الصعيد المعدني، وتشكلتا على الصعيد النظري وفقاً للنموذج النيوتني، بانتظار اختراع البطارية في بداية القرن التاسع عشر، التي فتحت الطريق أمام تطورات جديدة واسعة. وأخيراً وفي الربع الأخير من القرن الثامن عشر قامت الكيمياء، بتأثير من لافوازييه Lavoisier، بثورة عميقة ظهرت أهميتها شبيهة بأهمية ما عرفه الميكانيك في القرن السابع عشر.

كان المظهر النظري لهذه التطورات المتنوعة، محكوماً بأن واحد بتطور الطرق الرياضية المطبقة على الفيزياء - وبصورة خاصة في مختلف فروع الحساب المتناهي الصغر - ثم بتأثير التراث النيوتني المفسر

رياضيا للفلسفة الطبيعية ، أما المظهر الفيزيائي الخالص فيدل عليه الازدهار الاستثنائي الخالص للعلم التجريبي لدى الجمهور الأعظم . فقد سبق للقرن السابع عشر ان رأى تحقيق الانجازات العظيمة التجريبية عند هوك Hooke و بويل Boyle ، وغيريك Guericke وماريوت Mariotte ، كما شهد تنظيم البرامج النظرية في الملاحظات وفي القياسات وفي التجارب عبر : أكاديمية سيمنتو ، والجمعية الملكية ، والأكاديمية الملكية للعلوم في باريس . والقرن الثامن عشر ، وهو يتابع في طريق العمل المخبري الجلود ، رأى هذا الاهتمام بالعلم التجريبي يمتد الى التعليم الجامعي ثم الى جمهور عريض متقف ليصل اخيراً الى الجماهير الكبرى .

وللوصول الى هذه النتيجة فسحت العبارات الرياضية القوية ، والتقاشات حول المبادئ ، افسحت المجال امام تجارب بسيطة وتبينية . ووصلت هذه الحركة ، بعد ان انطلقت من انكلترا ، مع ديساغولييه Desaguliers ، ومن البلدان المنخفضة مع بورهاف Boerhaave و غرافيساند Gravesande وموشنبروك Musschenbroek ، الى فرنسا ثم ألمانيا وبعدها كل اوروبا . وتعددت الدروس العامة في الفيزياء التجريبية ، في حين ظهر العديد من الكتب حيث كانت المعارف الجديدة تبسط وتعمم عن طريق التجربة . وتطور هذا الولع ، حوالي منتصف القرن ، بعد اجراء تجارب شهيرة في الكهرباء ، وفي آخر لقرن ، مع صعود البالونات الهيدروجينية ، والمونغولفيار . الا ان هذا الاشتهار المعجيب للفيزياء التجريبية ، لم يساهم الا بصورة غير مباشرة في تقدم الفيزياء . ولهذا لم تفسح الفصول التالية في المجال ، كثيراً لهذا المظهر القصصي نوعاً ما ، وذلك من اجل التركيز على الجهد البطيء الرامي الى تكوين المفاهيم والى صياغة النظريات الأكثر دقة ، وبذات الوقت على النتائج الموازية والمكملة للعمل المخبري الصعب والجلود .

وبفضل هذه الجهود المختلفة التي لم تكن خلافتها الا ظاهرية ، وبخلال القرن الثامن عشر ظهرت عدة قطاعات من هذه العلوم الفيزيائية كما تكونت وتطورت نظمها بصورة تدريجية بانحاء نظام العلوم النظرية - ذلك هو حال علم السمعيات والكهرباء الثابتة والمغناطيسية ، بصورة خاصة - في حين ان علوماً أخرى مثل البصريات والحرارة ، وبصورة خاصة الكيمياء ، ظلت مرتبطة بصورة مباشرة أكثر بالبحوث التجريبية وقد عمل في بداية القرن التاسع عشر وضع الطرق الجديدة في الفيزياء الرياضية على تقوية الميل العام نحو التجريد ، بتقديم ادوات أكثر قوة وأكثر ملاءمة لطبيعة المشاكل الى المنظرين .

ولكن أهمية بعض الاكتشافات ، والدقة الزائدة في الادوات المستعملة ، اعطت بذات الوقت حيوية جديدة للبحث التجريبي ، عافضة بالتالي على توازن ضروري بين التيارين الكبيرين في العلم الفيزيائي .

الفصل الأول :

ذئوع علم البصريات النيوتني

بناء آلات البصريات وتقدم التقنيات في القرن الثامن عشر - بخلال القرن الثامن عشر لم تتغير التقنيات الأساسية التي كانت سائدة في بناء أدوات البصريات ، تغيراً محسوساً . لا شك أنه وجدت إنجازات بارزة في تقديم الميكروسكوبات ولكن الأمر رغم كل شيء كان محصوراً في التفاصيل : فالشبهيات أصبحت قابلة للتبديل ، والبلائية ، والتجهيزات أصبحت أكثر كمالاً . وهذه التغيرات ساعد عليها غو العديد من مكاتب الفيزياء .

وتباطأ صنع التلسكوبات من جراء الصعوبات التقنية التي برزت في بناء المرايا الكبيرة . وطور وليم هرشل W.Herschel الذي كان يبني بنفسه تلسكوباته ، صقل المرايا وحقق بالتالي اكتشافات مهمة أعطت دفعاً ضخماً لتحقيق التلسكوبات الكبرى الصعبة .

أكرومة « إزالة الألوان المفضة » من الشبهيات : المبدأ والتحقيق - كان بناء الشبهيات الاكروماتية قد تأخر نسبياً فهناك عوائق في المبدأ يضاف إليها صعوبات عملية تعارض مثل هذا التحقيق .

واعتقد نيوتن انه يبين استحالة كسر الضوء بلون تشتيته . وبالتالي من العبث تحديد جمع من العدسات من شأنها كسر الضوء مع تركه غير مشتمت او مفكك بالالوان . ورغم ذلك ، ومنذ 1733 بدا ان القاضي الانكليزي شستر مور هال Chester More Hall قد عثر على مبدأ العينيات المؤكرومة اي التي لا تفكك الضوء ، وهي شبهيات استطاع البصري باس Bass صنعها وبيعها . ومع ذلك فقد كانت الثقة في صدق وسلطة نيوتن كبيرة بحيث ان هذه الانجازات ظلت شبه مجهولة تماماً .

وفي سنة 1747 اقترح اولر Euler الصيغ التي تتيح إمكانية الاكرومة في مجموعة من العدسات . وقد دعم قناعته بحسابات دقيقة وتحقيق طبيعي لنظام اكرومي : العين .

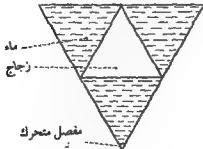
ونوقشت فيما بعد التجربة التي اقترحها نيوتن Newton من قبل كلنجستيرنا Klingensierma 1755 الذي اكد تطلعات اولر : ان نحن جمعنا بين موشورين ، احدهما من زجاج ، والاخر ذو زاوية متغيرة ، ملء بالماء ، فمن الممكن عند قيمة معينة لهذه الزاوية ، الغاء تشتت الشعاع المنبثق دون ابطال انحرافه (صورة 34) . ولقيمة اخرى في هذه الزاوية يمكن ، بالعكس ، الغاء انحراف الشعاع المنبثق ، مع الاحتفاظ بنشسته .

ونقلت حسابات اولر، وملاحظات كلنجستيرنا Klingenstierna الى البصري دولون Doilond دون الزجاج في اقتاعه. ومع ذلك وفي سنة 1757، كرر دولون تجربة نيوتن، ووافق على إمكانية أكرومة نظام من العدسات. فبعد جمع نوعي زجاج بمعاملات مختلفة: عدسة محدوبة من الزجاج الطّراني وعدة مقعرة من الكروان (الزجاج الناجي الشديد النقاء)، نجح في بناء أول شبعية أكرومية.

ولكن رغم هذه الاعمال من قبل اولر Euler وفوس Fuss وفيما بعد كليرو (1761) Clairaut ظلت وسائل الصنع في معظمها تجريبية. واصطدمت فضلاً عن ذلك بصعوبات كثيرة. وظل صناع الشبقيات الأكرومية، حتى سنة 1772 حكرًا على دولون الذي آمن لنفسه الامتياز، وبشكل مسرف نوعاً حتى تسجيلها باسمه.

ومن جهة أخرى، وحتى في انكلترا، بدا أن صنع الزجاج الطّراني هو نتيجة حظ سعيد. أما في القارة فقد بقي الصنع صعباً حتى مطلع القرن التاسع عشر.

الاكتشافات التجريبية - اتاح اكتشاف التشتت الضوئي من قبل ج. برادلي J. Bradley⁽¹⁾، للمرة الثانية، قياس سرعة الضوء. وولدت النتيجة الحاصلة متفقة تماماً مع النتيجة التي حصل عليها رومر قبل 50 سنة. ومنذ القرن السابع عشر كانوا يعرفون ظاهرات الفسفرة. فقد بدا، سندا لبرستلي Priestley (1772) ان الايطالي ف. كاسيورولو V. Casciorolo في سنة 1630 قد لاحظها. وفي اواخر القرن السابع عشر ومطلع الثامن عشر اجريت تجارب منهجية حول هذا الموضوع الذي ظل رغم ذلك سرياً إذ لم تنتج عنه اية تفسيرات نظرية حاسمة. واخيراً انصب الاهتمام في القرن الثامن عشر على ظاهرات ذاتية في الأَبصار، ويفضل أعمال بوفون Buffon وبوغر Bouguer ولامبر Lambert ورومفورد Rumford وهمل Himly تأسس نوع من علم البصريات الفيزيولوجي. وعمل كلي حال فان القياسات كانت صعبة وتفسيرها الدقيق بقي خاضعاً لتقدير شخص لم يكن تدخله محسباً بوضوح. وكانت القياسات الأولى في المضوائية قد تحققت بفضل بوفون Buffon وبصورة خاصة بفضل بيار بوغر Pierre Bouguer (1698 - 1758) الذي درس في كتابه «بحث في البصريات وتدرج الضوء» (1728)، وفي كتابه «البصريات» (1760)، درس عناصر الانتقال والانعكاس وادخل طرقاً صحيحة في القياسات المضوائية.



صورة 34، جهاز تجريبي لبيان إمكانية الأكرومة (منع تفكك اللون) (كلنجستيرنا، 1755).

(1) راجع هذا الشأن الفصل حول معرفة النظام الشمسي.

واخيراً أجرى ج - هـ . لامبير J.H.Lambert في كتابه « فوتومتريا » (1760) دراسة شاملة لمختلف المسائل المرتبطة بالتقنية الجديدة .

تأثير النظرية النيوتنية في الدوائر الفلسفية - في الأوساط المثقفة ، وفي الجامعات وفي المدارس كانت نظرية نيوتن قد أصبحت مقبولة بصورة رسمية . فنجاح الميكانيك السماوي ، وسعة نيوتن العظيمة أمناً لبصرياته انتشاراً واسعاً . وانتشرت بصرياته في الأوساط غير المتخصصة ، المحبة للوضوح ، والجاهلة للمصاعب العميقة في كل نظرية .

في فرنسا ، كان فولتير أحد أكثر المتحمسين من تلامذة نيوتن . وقد أوضح في كتابه « عناصر فلسفة نيوتن » (لندن 1738) تطبيقات الجاذبية المعممة على البصريات .

وطور فولتير الذي كان ينكر تماماً أصالة تقديمات مالبرانش Malebranche ، نظرية الانشقاق ويوجهها يتكون النور - النار من جزيئات صغيرة جداً لا موجب لتوضيح طبيعتها . وتغارس الجوامد على الضوء قوة ذات طبيعة غير معروفة تتسبب بالانكسار وبالاتكاس . وعلى كل ليست الأجزاء الجالدة في الأجسام هي التي تتسبب بقفز الجسيمات الضوئية من جديد . ان توسيع المسام في جسم كثيف يزيد في لا شفافيته ، وبالعكس ان تكثيف المسام يجعل هذا الجسم أكثر شفافية . وفولتير مثل نيوتن ، يعتقد ان المكان الأكثر ثقلأ نوعياً يزيد في سرعة الضوء . فالشعاع الضوئي الداخلى في الماء « يجري فيه بأن واحد بحركته الذاتية ويفعل الجذب الذي يحدته الماء فيه » . وهذا الشعاع اذن يجري في الماء بسرعة أكبر مما لو كان يجتاز الهواء .

ومن جهة أخرى ، يقبل فولتير القول أن الأشعة تلتقي هذه القوة الجاذبية حتى قبل أن تلج في الماء أو في الزجاج . اذ تبدأ عندها في التكرس ، وهذا امر يتوافق مع الاستمرارية التي يجب ان تظهر بحسب رأي لينيز Leibniz في كل حركة . وبشكل مماثل ، ان انحراف الضوء (التواءه) الذي يحدث عند مجاورة الأجسام الصلبة ، يترجم مفعولاً جذابياً لهذه الأجسام على الضوء . وبالطبع ان هذا الجذب الذي يحدث بين الجسيمات ، وبخاصة بين الجسيمات الضوئية والحبيبات الزجاجية ، لا يتبع القانون الذي يحكم حركة الكواكب . ان الجذب ، عند نقطة الجذب لا يتزايد بمعدل $1/2$ بل بمعدل $1/3$ وأكثر أيضاً . وهكذا يصبح الجذب مهماً الى أقصى حد .

مع ذلك يقول فولتير بان المبادئ غير الجذب يمكن ان تتدخل في عمليات الطبيعة . واذا كانت الاستمرارية ، والاتصاف ، والصلابة ، والشعرية وربما المفاعيل الكيميائية تبدل له وكانها قائمة على الجذب كمثلاً ، فان دوران الكواكب حول محور ، والكهرباء ، والمغناطيسية لها سبب آخر ، كان حتى ذلك الحين غير معروف . وهكذا ينشأ تمييز عملت النظريات الحالية على قلب مبدئه بشكل غريب .

خصوص البصريات النيوتنية والمنشقان : مارات Marat ، غوته Goethe : ومع ذلك ، لم تكن البصريات النيوتنية مقبولة دائماً بدون معارضة من قبل الهواة المثقفين . ان الامر يتعلق على كل باراء منفردة تستبعد العقيدة بصورة رسمية ، العقيدة القائمة على بواعث قليلة الاقتناع : ثقة بمنوحة

بسرعة وتسرع لتجارب غير ماهرة ، تجاهل للروح العلمية يبدو يتوساً وتحديداً كيفياً للشخصية .
نستعرض بإيجاز الامثلة الشهيرة : مارا Marat في فرنسا و.و. غوته في ألمانيا .

كان مارا مؤسس نظرية غريبة Périodiotrique بقيت بدون عاقبة ، وكان موضوعها دراسة انحراف الاشعة المحدثه بفعل سطح الاجسام (اكتشافات... حول الضوء ملحوظة سنداً لسلسلة من التجارب الجديدة... 1780) . وهي تقوم على نفس المبدأ الذي يقوم عليه « ديوبترك » ولكن قوانينه تبقى مختلفة جداً . واليريدويوبترك يرتكز على اعتبار القوى الجاذبة : كل الاجسام تجذب الضوء الذي يمر بقربها . ويقرب الاجسام الكثيفة تتلقى الاشعة انحرافاً (يتناسب مع الثقل النوعي السطحي) ويوجب نوع من عامل التحجب ، ويعكس مربع المسافة . هذا الانحراف الذي يبقى ظاهرة عادية نوعاً ما لا يرد الى الانحراف الذي يحلثه الانكسار .

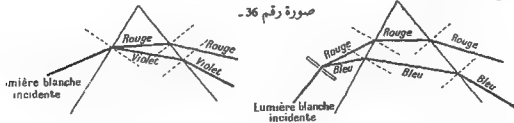
ومن جهة اخرى يتألف الضوء من ثلاثة ألوان.اولية : الاصفر والاحمر والازرق ، وهي تنحرف بشكل متفارق عبر الاجسام الكثيفة : فالاصفر ينحرف اكثر من الاحمر واكثر من الازرق . ثم ان الضوء يتحلل الى ثلاثة اشعة اساسية بجوار هذه الاجسام (صورة 35) .



صورة رقم 35 انحراف وتفتك الضوء بجوار جسم كثيف ، بحسب رأي مارا .

وبالمقابل ان تشتت (عبر الاجسام) الاشعة الاساسية هو ذاته . ومن جراء الخلط بين التشتت والانحراف (عبر سطوح الاجسام) عزى الى مختلف الالوان تشتت مختلف : مثلاً ، وبحسب رأي مارا ، في التجارب النيوتنية الشهيرة حول التوزع ، بتفكك الشعاع الذي يصل الى سطح موشور الى ثلاثة اشعة متنافرة بفعل اطراف القنب الذي مرره . هذا التفكك المسبق يمر انعكاساً مختلفاً ، وبالتالي ، انكساراً لا يشبه له (صورة 36) . ولكن اذا امكن العودة الى انعكاس مساوي فان انكسار الاشعة الثلاثة المتنافرة يكون متشابهاً . ويستخلص مارا ان هذه العبقرية الفذة (نيوتن) قد اضاع الوقت الكثير في مثل هذه البحوث التافهة .

صورة رقم 36 -



التشتت بحسب رأي نيوتن

الانحراف ثم الانكسار بحسب رأي مارا

واراء و. غوته W. Goethe (بـيتراج سور اوينيك، 1791، سور فارينلهر، 1810) للمعارضة لنيوتن بصورة جذرية ، تنطلق من مشاعر مختلفة جداً ، فالى حين سفره الى ايطاليا (1786) ظل غوته يؤمن بالنظرية الرسمية . واكتشافه التلوين الايطالي جره بصورة تدريجية الى الموافقة على فلسفة للطبيعة مستلهمة من تاويل رمزي من شأنه ان يجمع الانسان الى عالم محدد دون ان يخضعه لجفاف التحليل الجبري والتجريدات الكاذبة .

الا ان غوته جمع أسناداً ضخمة حول نظريات البصريات في القرن الثامن عشر . ويبدو غريباً ان يكون قد اعتمد اراء ب كاستل P.Castel (غتزع اليانو الرؤيوي Oculaire) او اراء ب. كيرشر P.Kircher؛ او أن يكون قد شارك في الحذر برناردان دي سان بيار Bernardin de Saint Pierre - فيسا يتعلق بالآلات الفيزياء (التي تفضلنا بمظهرها المثقن)، متجاهلاً بالتالي القيمة الاستلهامية والتركيبية للتفكير العلمي .

وبالامكان بسهولة التعرف على الاصل الافلاطوني والافلاطوني الجديد في بعض تأكيدات غوته « تتشكل العين للضوء من أجل الضوء ، حتى يلتقي الضوء الخارجي الضوء الداخلي » . والعين تتطلب الكلية ، فتتجاوب مع الظلمة ، بالوضوح ومع الضوء بالظل ، ومع اللون بانتاج صبغة تكميلية . وهكذا تشكل نظرية فيزيولوجية للالوان ، وتعود العقيدة المشائية الى الحياة : وتعود الالوان خليطاً من الظل والضوء يساعده تدخل الاوساط المعكرة

ان التجربة الاساسية عند غوته تقوم على تفحص حائط ابيض من خلال مشور . وتظهر الالوان الشرايية Irisations فقط على الحواشي (وبالفعل يحدث في مثل هذه الحالة تراكب في مختلف الصور ذات اللون الواحد (Mono Chromatique). ويستنتج غوته ان حد الظل والضوء مولد للالوان . وتحدث التلوينات لصالح تضاد او تعارض Antagonisme : فاللون « هو فعل وتقبل للضوء » .

وهكذا يترجم غوته ، مثل افلاطون ، ويشكل حرفي خالص هذه القناعة العميقة القائلة بانه يوجد فينا معادل الواقع الخارجي . « لو اني لم احمل في ذاتي العالم ، لبقيت اعمى مفتاح العينين » (رسائل الى ايكرمان) . تأكيد فخم ، لا تناقضه الفيزياء بل تطوره وتنمية باتباع سبل اكثر دقة .

النظريات النيوتنية في الاوساط العلمية المتخصصة التلامذة : بوسكوفيتش Boscovich . في الاوساط العلمية المختصة معروفة هي محاسن وايضاً حدود البصريات النيوتنية ، ان غالبية ضعف النظرية قد ثبت بفعل هويين وليينيز . وسوف يعتمد تلامذة نيوتن في أغلب الاحيان الى ابراز صعوبات النظرية ، في محاولة لتوضيح وتحسين بعض النقاط الخلافية بشكل خاص .

ومن الملاحظ نوعاً ما ان بوسكوفيتش P.Boscovich [رودز بوسكوفيتش Rudzer Bosko- (1711 - 1787) vie تلميذ نيوتن Newton انتقد احد البراهين المجبلة للنظرية : الانتشار المستقيم . وبين ان هذا الانتشار لم يبين بدقة ، ولا هو قابل للاثبات بدقة (ديسرتاتيو دي لومين ، روما 1749) .

وسوف يحاول R. Boskovich، بصورة خاصة توضيح معنى نظرية الاتصالات Accès. افترض نيوتن ان اتصالات الانتقال السهل واتصالات الانعكاس السهل، تحدث بتفاعل فيما بين الجسيمات الضوئية والاثير. ومع هذه الفرضية الصادرة عن نظرية مختلطة، تحدث مجموعات من شأنها الانتشار بسرعة اكبر، واستباق الجسيم، وبالتالي تأمين قبوله او رفضه. ويقبل بوسكوفيتش بنظرية جسيمية اكثر دقة، ولكن الجسيمات المادية تتحول الى مجمل من النقاط المتميزة بقدرة جذبية او دفعية. ان هذه المراكز القوية، غير الممتدة، تحاط بالتالي بكرة من العمل الجذبي والدفعي المتتالي، تبعاً لشعاعها. وتناوبت الجذب والدفع تضغط على الجزيئات الضوئية، وتبدو كافية لتفسير الكثافة او الشفافية، والانعكاس او النقل. وتبرر ظاهرات الانكسار، والشتت وحتى ظاهرات التفارق والانكسار المزدوج بفضل نفس البداء. وإذا لم يخضع بوسكوفيتش هذا التفسير لمقتضيات كمية دقيقة، فان الشروح اظهرت بوضوح الصعوبات التي تثيرها نظرية الجسيمات ما ان يراد توضيح بعض نتائجها الاساسية.

المكملون لبصريات قائمة على الذبذبات ل. اولر L. Euler - بعد سنة 1735 لغت اولر الانتباه الى عدم صحة التأكيد الشهير الذي قال به نيوتن: وذلك عندما اثبت بان النشت الانكسارية لا يتناسبان مع بعضها البعض. واستنتج اولر امكانية الحصول على انظمة بصرية اكرومية (اي لا تشتت للالوان فيها).

وقد حملته افكاره الى استبعاد مقولات ديكرات ومقولات نيوتن. وقد رفض نيوتن فرضية عالم مملوء يعارض حركات الكواكب بالمقاومة. ولكن كون نيوتن المملوء بالجزيئات الضوئية التي تتحرك في كل اتجاه، ليس اكثر فراغاً من الفضاء الديكارتي. فضلاً عن ذلك تقتضي النظرية النيوتنية فرضيات قليلة الصحة مثل بدييات ديكرات: فاثبات الجزيئات الضوئية يتوصل بسرعة الى استفاد المصادر والحركات المختلفة التي تقوم بها الجزيئات المنبعثة يجب ان تتناقض فيما بينها. واخيراً ان انتشار الضوء عبر الاجسام الشفافة يفترض وجود مسام مصفوفة بشكل خط مستقيم في كل الاتجاهات.

وقد حملت هذه الاعتراضات اولر الى الانضمام لنظريات الاثير المتموج. فالاثير المطاطي يدخل في كل الاجسام ويملأ الفراغ. وذبذباته تحدث الاحاسيس الضوئية كما تولد الذبذبات الهوائية الاصوات. ولهذا لا تترك الاجسام الضوئية اية مادة.

« ليس الضوء شيئاً آخر الا اضطراب او زعزعة بين الجزيئات الاثيرية ». كما قال اولر (رسائل الى اميرة المانية).

ويتنشر الضوء بأسرع من الصوت لان كثافة الاثير اقل من كثافة الهواء ومطاطية اكبر. وإذا ما هي القوة التي تحدث هذا الاضطراب في الجزيئات التي تشكل الاجسام الضوئية؟ اننا نهجل ذلك: يعترف اولر، ولكن لا شيء يجرح الحس السليم « ويجب ان نكون راضين عندما لا تتضمن افكارنا اي شيء مثير ».

ورؤية الاجسام الكثيفة (أي الاجسام غير المضيئة بذاتها) لا تتم بالانعكاس ، اذ لو كان ذلك لتوجب ان نرى كسما في المرآة ، الجسم ينير ذاته ، وليس الشيء المنار . وصورة الشيء تتعلق بموقع الجسم المنير وموقع الناظر . ولكننا نعلم ان لا شيء من هذا .

وتأخذ الجزيئات التي تشكل الاجسام الكثيفة ، المستكنة عادة ، تأخذ بالتذبذب تحت تأثير النور المنعكس . وكلما كان هذا الضوء قوياً ، كلما كان الاضطراب اقوى ، رغم انه أي الضوء غير مدعوم بقوة من داخله ولا يبقى من تلقاء ذاته . وهكذا تكون الاشعة المنبثقة من الاجسام الكثيفة خاصة بها . وهي تنطلق في كل الاتجاهات وهذا ما يميز ظاهرة الانعكاس .

وهناك ظاهرة عائلية للتذبذبات الجزيئات المحركة بضوء مسلط ، تحدث في السمعيات : ان الوتر المشدود يتذبذب بالتجاوب عندما يكون بجانيه وتر مماثل يحرك . وتزول الذبذبات ، الكثيفة بشكل خاص عند حصول ألفة النغم ، إذا كانت الانارات المتلفة هي غير متجانسة على الاطلاق . وكذلك يوجد فروقات كبيرة بين امكانات التذبذب في مختلف الاجسام الكثيفة . وبحسب تواتر هذه الذبذبات ، تُصدر هذه الكريات أشعة قذفية مختلفة تتجاوب مع تنوع أحاسيس الألوان . إن ألوان الاجسام الكثيفة لا تحدث بفعل الانعكاس الانتقائي لأشعة الشمس ، بل بذبذبات خاصة بكريات الاجسام الكثيفة التي يطلقها الضوء المسلط .

ويرى نيوتن ان ألوان الاجسام الكثيفة تعزى الى امتصاصات انتقائية للنور المسلط . ويرى اولر Euler ان الألوان تنتج عن امتصاص كامل تتبعه اعادة انبثاق انتقائية تميز الجسم المضاء . وهذه الاولية قريبة من الاولية التي ادخلتها التفسيرات الحديثة بالنسبة الى التوهج بالفليور وبالفسفور . ويقول اولر ان بعض الاجسام الكثيفة تكون مضيئة حتى عندما تتوقف الانارة : وذلك لوجود استعداد خاص يتطور بأحداث ذبذبات . ونظرية اولر Euler اعجز من ان تزيل الصعوبات الكبرى التي احدثتها في ذلك الزمن النظرية الذبذباتية . وخصائص الاثير التي بدت له ابداعية جداً ، تقود الى القول بميزات غير واقعية . ومع ذلك فنظرية اولر تمتاز بانها تبرز الصعوبات التي تعترض نظرية الانبثاق ، وهي صعوبات يستحيل اجمالها . ان نظرية اولر ، وهي تبرز حدود النظرية النيوتنية ، تجدد مفاهيم مالبرانش Malebranche وجرمالدي Grimaldi ، وهويجنس Huygens وليبنيز Leibniz . وهي قد فتحت الطريق منذ نهاية القرن الثامن عشر ، الطريق الثمر ولكن الصعب ، الذي سار فيه بعد ذلك مالوس Malus ، ويونغ Young وفرنسل Fresnel .

مبدأ الاقتصاد الطبيعي - في نصف القرن الثامن عشر عادت الى الظهور قصة « مبدأ الاقتصاد الطبيعي » الذي وضعه فرمات حوالي سنة 1664 (راجع فصل ولادة البصريات الرياضية) . قبل فرمات رأى ديكارت بأن سرعة الضوء أكبر في الهواء مما هي في الماء ، وقد استطاع أن يبين بأن مسار الشعاع المنكسر ، هذا المسار الذي قال به قانون الجيوب (سينوس) هو أيضاً المسار الذي يجعل زمن الاجتياز أقل . ويقود إذا مبدأ الاقتصاد الطبيعي الى قوانين صحيحة حول الانكسار ، هذا إذا تمت الموافقة على أن سرعة الضوء تكون أكبر في الأوساط الأقل انكسارية . وهذا الاقتراح كان مخالفاً أيضاً

لفرضيات نيوتن كما هو مخالف لنظريات ديكارت . وبقبول هذه النظريات يبقى نجاح مبدأ الاقتصاد الطبيعي غير مفهوم .

ولم يفصل فرمات بوضوح مبدأ الزمن الأقل عن المبدأ الذي أدخلته المقاومة الدنيا من قبل الوسط . في سنة 1682 ميز ليبنيز بعناية تعريف « الطريق الأسهل » عن مفاهيم المسار أو الزمن الأقل . فبالنسبة اليه تكون صعوبة الطريق اقل عندما يكون حاصل ضرب طول هذه الطريق ، بالمقاومة المحسوسة عند اجتيازها هو ايضاً اقل . وهو اي ليبنيز يقبل بما قبل به فرمات ، بقانون الجيوب وإذا فهو سينتهي الى نفس الصعوبة ، ان لم يتجنبها بالقول ان مقاومة المكان تتناسب عكسياً مع سرعة الضوء في هذا المكان . وهكذا ، ويعد تعريف معاملات الانكسار مثل فرمات :

(مقاومة الماء / مقاومة الهواء = $n < 1$ ، توصل ليبنيز مع ذلك الى استنتاجات معاكسة :

السرعة في الماء / السرعة في الهواء < 1 ؛ وقانون الجيوب $(n > 1)$ ، يقضي بأن سرعة الضوء تزداد مع القدرة الانكسارية للمكان . ومع ذلك يبدو تأكيد ليبنيز للمقارنات التي تدعمه غريبة وشاذة ، فلا تستحق التأكيد ، أو الموافقة .

وفي سنة 1744 عرف مويرتوي Maupertuis الذي كان يجهل ابحاث ليبنيز Leibniz ، عرف بدوره مبدأ « الاقتصاد الطبيعي » وطبقه على « كمية من العمل »⁽¹⁾ ، المحدث بفعل طول الطريق المقطوع مضروباً بالسرعة ، وبكثافة الجسم المتحرك (او حاصل ضرب طول الطريق بكمية حركة المتحرك الذي يمتاز هذا الطريق) . وفي حالة الجسيمات المضئية تكون الكثافة ثابتة لا تتدخل : ان كمية العمل تكون عندئذ دنيا ، ويكون قانون الجيوب صالحاً إذا كانت سرعة الضوء تزداد مع انكسارية المكان Réfringence . وهكذا حمل تطبيق « الفعل » المحدث بصورة صحيحة ، فعل المبدأ المرضي ، طالما يتعلق الامر بجزيئات مادية ، حمل مويرتوي الى القول ببدييات مضللة وذلك في ما يخص نظريات الضوء .

والواقع ، ان تطبيق مبدأ الفعل الأقل على ظاهرات الضوء ، يفترض انتشاراً للموجات ويقتضي تعريفاً اعم لكمية العمل . والرابط في هذا المبدأ مع القوانين العامة ، في مجال الميكانيك ، يجب اثباته باعمال هاميلتون Hamilton وجاكوبي Jacobi . الا ان لويس بروغلي Louis de Broglie وحده هو الذي استطاع ، عن طريق تعميم تلاحم الموجة الجسيم ، ان يوضح معنى وحدود المبدأ القديم ، مبدأ الاقتصاد الطبيعي الذي اصبح قانون العمل الثابت .

(1) راجع الفصل الثاني من هذا القسم .

الفصل الثاني :

السمعيات من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

يستحق علم الاصوات الثفانة خاصة بخلال القرن السابع عشر والثامن عشر . رغم ان تشكل الذبذبات الطولية في الهواء بشكل موجات صوتية قد عرف منذ العصور القديمة كما يشهد بذلك هيرون Héron ، فان اليونانيين قد اكتفوا بالبحث عن العلاقات الوسيطة التي تسمح بمقارنة الاوتار المرتنة من الناحية الموسيقية . لا شك انهم نقلوا الفكرة بان الصوت مرتبط بالصلصات وبالحركات التذبذبية السريعة جداً والتي تنتج عنها ، الا انهم رغم ذلك لم يؤسسوا دراسة في طبيعة الصوت وبخلال القرن الـ 17 ، وبالتساوق مع الميكانيك الذي هو اصل ، منه فرع علم الاصوات ، تحرر هذا العلم من الفن الموسيقي ليصبح علماً حقيقياً حول الظاهرة الصوتية .

الاوتار التذبذبة - ومع العلم بالارث القديم ، كان من الطبيعي العثور على مسألة الاوتار التذبذبة ، في المطلع الاول من البحوث النظرية حول انبثاق الصوت . وكان غاليليه Galilée ، في كتابه ديسكورسي 1638 هو الذي اعلن فكرة التواتر في ذبذبات الوتر ، وهو الذي ميز بين الارتفاع النسبي في صوتين نسبة الى تواترهما وبين اخيراً كيف ان تواتر وتر متذبذب يتعلق بطوله وبشده ثم بنوعه او جرمه . وبذات الوقت تقريباً حدد ب. مرسين P. Mersenne . عن طريق التجريب ان اعداد الذبذبات في وترين من نفس الطول ونفس الشد تتناسب في ما بينها تبعاً للجذر التربيعي لجرميهما Masses ، وان نفس الاعداد تتناسب مع الجذر التربيعي للاوزان الشادة . ولاحظ ان وترًا مشدوداً يسمح ، اضافة الى النوتة الاساسية ، ما اسماء جوزيف سوفير Joseph Sauveur (1653 - 1716) الهرمونيكاك العليا ، ولكنه لم يكتشف سببها .

هذا الاكتشاف الذي اقتضى دراسة للحالة التذبذبية في الوتر انجزه الانجليزي و. نوبل W. Noble وت. بيغوت Th. Pigot وعرضه واليس Wallis سنة 1677 . وطوره بشكل مستقل سوفير Sauveur سنة 1700 الذي جرب مستعملًا الورق للقياس وحدد بالتالي موقع العقد والجيوب في الذبذبات فوق الوتر المرتجف . وشك بمفهوم الموجات المتوقفة واستعمل ظاهرة النبضات ، والرنين

Resonance مقررًا العلاقة مع ملاحظات أخرى حول انابيب الاورغ⁽¹⁾ ولم تمنحه بدائية نظريته من اكتشاف العلاقات البسيطة في الذبذبات المسموعة ، الى جانب التوتة الاساسية ، من وتر يتذبذب ، وقد اسمى هذه الاجراس بالمهرمونيات العليا .

وعلم كساري (1709) Carré وفيليب دي لاهير (1716) Ph. de la Hire ان الصوت الذي يحدثه الوتر يأتي عن « ارتجاف » الخلايا ، ارتجافاً تحدثه الذبذبات ، في حين ان نيوتن في كتابه برنسييا يرى ان الذبذبات في الوتر هي المولدة المباشرة للاصوات . وفي حين بدأ العلماء يطرحون بصورة جدية مسألة طبيعة الصوت ، ويترددون حول المبدأ الواجب اعتماده ، اخذت تضاعف البحوث النظرية حول الحالة الارتجافية في الاوتار المرتجفة ، وشكلت فصلاً مبدعاً في الميكانيك العقلاني. وفي سنة 1715 شرع بروك تايلور Brook Taylor في تطوير النتائج التي حصل عليها مرسين وحدد تواتر الارتجاف الاساسي في وتر مرتجف .

وتوصل الى نتيجة تعادل المعادلة الحديثة : $n = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}$ حيث L يساوي طول الوتر و T تساوي الشد و m تساوي الكثافة الطولية و n تساوي تواتر الذبذبة .

واستنتج جان برنولي Jean Bernoulli ، غلطاً ، ان منحني الذبذبات هو اهليلج . ووضع ابنه دانيال المعادلات الاولى التفاضلية للمسألة دون ان يستطيع دمجها بشكل متكامل . والدالمير d'Alembert هو الذي شرح ودمج سنة 1747 ، المعادلة الاساسية بالمتفرعات الجزئية :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = g \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

وفيها y = الفرق العارض في خلية ذات سنية x على الوتر وهو فرق تابع بأن واحد لـ x وللزمن

t

وتفسير الدالتين المعقوتين ، المتدخل في حل هذه المعادلة ، ادى الى مناقشات طويلة ساهمت في التطور السريع في نظريات المشتقات الجزئية . وقد لعب فيها اولر ودالمير ودانيال وبرنولي ومونج ولاغرانج وفورييه دوراً اساسياً . وعالج دانيال برنولي ولاغرانج الدراسة النظرية للانابيب المتذبذبة في حين انه بفضل دانيال برنولي ، وأولر معاً درست الظواهرات التذبذبية المتنوعة جداً مثل : القضبان والحلقات والاجراس والطناير ، درست دراسة رياضية ، واعطيت لها بالتالي تمثيلات واحدة ، مستقلة عن كل نظرية حول الصوت . هذا الترييض قدم لعلم الصوت أداة اساسية .

ودراسة الحالات التذبذبية لم تبق نظرية خالصة وتسببت بالعديد من محاولات التثبت التجريبي .

(1) إن ظاهرة النبضات قد استعملها سافير Sauvour لكي يوجد مقياساً للتوتر ولكي يجد ارتفاع أبة نوتة . وفي منتصف القرن الثامن عشر أشار سورج وروميو وتارتيني Sorce, Romieu, Tartini الى إمكانية الحصول على ظاهرة النبضات ذات التواتر الموسيقي (فرق التواترات والاصوات التي تتداخل) .

وجرت بصورة منهجية في آخر القرن الثامن عشر على يد ارنست فريدريك كلادي Ernst Friedrich Chladni (1756 – 1827) واثبت ، الى جانب الاربعات الاعتراضية في الالات ارجحات طويلة وارجحات انجدالية . ودرس كلادي أيضاً ذبذبات (معيار النغم) أو الازاز ، ولكي يتحكم بملاحظات أولر حول ارجحات الجلود ، استخدم كلادي الطريقة التي من شأنها إظهار الخطوط العقدية فوق الصفائح المرتفعة بعد رشها بالرمل . كما أجرى تجاربه أيضاً على الأجراس المملوءة بالماء ، وكانت الحالة الاربعية في الجرس المحكوك تظهر بواسطة الموجات فوق سطح الماء .

الموجات الصوتية - واخذت فكرة الموجة وفكرة انتشار ظاهرة تتبع الحركة المسماة تموجية ، اخذت تتجسد بصورة تدريجية ، بخلال النصف الثاني من القرن السابع عشر . وقدم هويجن في كتابه (حول الضوء سنة 1690) عرضاً شكلياً ، ولكن الأفكار التي صاغها كانت من قبل معروفة بالسمع منذ عدة سنوات . وتكلم غريمالدي Grimaldi في كتابه «فيزيكوماتيزيس» 1665 ، عن التشابه بين موجات الماء وانتشار الضوء . اما ب . انغو P.Ango فقد كان أكثر وضوحاً في كتابه « اوبتيكا » الذي نشره سنة 1682 سنداً لمخطوطة عن ب . باردي P.Pardies متعلقة بالضبط بالحركة التموجية :

« انما الحركة الشائعة الآن بين فلاسفة هذا الزمن الذين يقارنون بين الانتفاخات والانقباضات في الهواء والتي طلبها ارسطو من اجل احداث الصوت ، مع وبين الموجات التي ترى مرتفعة فوق سطح ماء هادئ عندما يمر في حجر » .

وتشبيه موجات الماء ، هو اذاً باعتراف ب . انغو مطبق بالدرجة الاولى على الظاهرة الصوتية . ثم هو يطبقه على الضوء ، والتميز الوحيد بين الصوت والضوء يأتي من ان الضوء يتطلب ذبذبات أكثر سرعة ، ووسطاً تذبذبياً مساعداً على انتشارها ، أكثر رهاقة من الهواء ، وهو الاثير . ولم يغير هويجن شيئاً في هذا التصور ، وقد ساوى بين الصوت والضوء باعتبارهما مكونين من تموجات طويلة ولكن الضوء هو الذي يهيم ، ونظريته التارجحية لها قليل من التأثير في تطور السمعيات . اما نيوتن ، وان لم يهدف بالضبط الى الموجات ، فانه في كتابه « المبادئ » يمثل الصوت وكأنه صدمات تنتشر من خلية الى خلية ، وبشكل موحد في جميع الاتجاهات ، ويشير أيضاً الى ان سرعة الانتشار تتناسب مع حاصل قسمة الجذر التربيعي للمطاطية على الثقل النوعي . وهذه الصيغة سوف لن تجد تأكيداً لها في التجربة إلا عندما أحل لابلاس فيها المضغوطة الكظمية محل المضغوطة متساوية درجة الحرارة وذلك في سنة 1826 . وفي حين بقيت النظرية التارجحية وبقي تطبيق الحساب على الظاهرة الصوتية ، في الحالة الجنينية ، رغم الإلهامات الموقفة واللغوات المساعدة عرضاً ، رغم كل ذلك تم اكتساب عناصر أساسية في أواخر القرن السابع عشر .

وين أوغو غيريك Otto de Guericke مخترع الآلة الماصة للهواء سنة 1650 ، ان الصوت بعكس الضوء لا ينتشر في الفراغ . واكمل بويل Boyle ودينس بابان Denis Papin وهوكسي Hauksbee ، هذه التجارب وبينوا ان الهواء هو الذي ينقل الذبذبات الصوتية .

ومع ذلك فانه في سنة 1779 فقط اثبت بريستلي Priestley ان زخم الصوت المنقول بواسطة

الغاز يتناسب مع كثافة هذا الغاز أو ثقله النوعي بالأحرى وجرب درهام Derham سرعة الصوت على أساس مفاهيم نيوتن فلاحظ أن هذه السرعة غير مرتبطة بالزخم ، بل إنها تكون أكبر باتجاه الرياح أكثر مما هي بعكسه . واخيراً جرى البحث حول ظاهرة الصدى ، وجرت محاولات لاستخدامه (مرسين) من أجل قياس سرعة الصوت . واخترع مورلان Morland سنة 1671 ناقلة الصوت ، ولكنه شرحها خطأ بأنها انعكاسات حول اطراف الانبوب . أما الاستنتاج الذي فرضه نفسه امام كل هذه الوقائع ، فقد عبر عنه ب. انغو P. Ango بقوله : « يوجد في الصوت شيء آخر أكثر من الصفة الخالصة » كما اراد ذلك السكولاستيكيون ، وهذا الشيء هو الذبذبة والأرجحة في الهواء . ورغم التعابير غير الكافية فإن التمييز بين زخم الصوت (أي مدى اتساع الذبذبات) وارتفاع الصوت أي تواتر الذبذبات ، قد عبر عنه أيضاً ب. انغو بدون غموض ، وهذه الشهادة تدل على أن تحليل الصوت يسير في دربه الصحيح .

واكمل القرن الثامن عشر هذا التحليل في عدة نقاط مهمة . وفي سنة 1738 قدمت اللجنة المسماة من قبل الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس والمؤلفة من جاك كاسيني Jacques Cassini ومرالدي Maraldi ولاكاي Lacaille من أجل قياس صحيح لسرعة الصوت ، نتاج أعمالها : 173 قام أي 337 متراً في الثانية وهي نتيجة افضل بكثير من النتائج التي قبلتها في السابق مرسين Mersenne وغاسندي Gassendi وبوريلي Borelli وفيفياني Viviani . إن التركيب الجيومترتي مع سرعة الرياح ، واستقلالية الضغط وتزايد السرعة مع الحرارة ، تلك هي العناصر الأخرى التي قدمت هذه اللجنة التي لم تحسن نتائجها إلا في القرن التاسع عشر .

ولأن مطاطية الماء كانت منكورة وكذلك مطاطية السوائل عموماً ، كانت ترى استحالة انتشار الصوت في السوائل في أواخر القرن السابع عشر . وفي سنة 1743 أثبت نوليه Nollet أن الصوت ينتقل أيضاً بالماء . وعندما غطس في نهر السين لاحظ أنه يسمع الاشارات الصوتية بنفس ارتفاع الصوت إنما بزخم مختلف . وعندما استعمل الماء المنقى من الهواء بين نوليه أن الصوت لم ينتقل بواسطة الهواء المنقول في الماء . وفي سنة 1791 بن بيرول Pérolle بواسطة تجارب متنوعة أن الصوت يذهب إلى أبعد في أي سائل منه في الهواء . ومن جهته قام كلادني Chladni بقياسات غير مباشرة لسرعة الصوت في اجسام متنوعة وفي غازات متنوعة .

وهكذا تبدو حصيلة القرن الثامن عشر بعيدة عن الإهمال : معرفة أكثر وضوحاً بانتشار الصوت في الهواء ، ثم اثبات استقلالية تواتر الذبذبات بالنسبة إلى مكان النقل . وبدت طبيعة الصوت في أواخر القرن الثامن عشر وكأنها متميزة بصورة أساسية بالحالة الانحيافية ، وكانت الأرض قد أصبحت مبهمة : دراسة ظاهرات التشابك ، والرنين ، ثم تحليل الاصوات المعقدة المؤلفة من تراكم عدة اصوات بسيطة أو هارمونيكا ، وعن ذلك تنتج فكرة الجرس ، كل ذلك أصبح ممكن التنفيذ⁽¹⁾ .

(1) إن دور هارمونيك في الجرس سبق إليه رامو Rameau سنة 1726 وفهمه بوضوح مونج Monge حوالي 1780 ولكن هذا الإكتشاف بقي مجهولاً طيلة قرن من الزمن حتى جاء هلمهولتز Helmholtz.

الصوت البشري - اشار افلاطون Platon في «قوانينه» ان الصوت البشري يجب ان يعتبر ايضاً بحسب قواعد الهارموني الموسيقية وان الاصوات الحنجرية تتميز بحسب اجتماع النغمة العالية والنغمة العميقة . ولكن دراسة الصوت لم يكن بالامكان مباشرتها قبل توضيح تحليل الصوت . ولا حظ صموئيل ريهير Samuel Reyher (ماتيزيس موزيكا 1619) انه يسمع في الصوت ، ليس الصوت الاساسي فقط ، بل ايضاً الهرموني . واخذ رامو Rameau هذه الفكرة (النظام الجديد للموسيقى النظرية ، 1726) واخذ يجري تجاربه على احرف المد المغناة ثم اجرى تجربته الاولى حول التحليل الصوتي واكد هيلوغ Hellwag في رسالته في توبنجن (1780) Tubingen وفلورك Florke (1803 - 1804) ، اكدا الواقعة التي قبل بها ريهير Reyher بان الاصوات الخاصة بالتجويف الحلقي تختلف باختلاف احرف المد المتنوعة .

واقصر على هذه العناصر تقديم القرن 17 و 18 لمعرفة الصوت . وللذهاب الى ابعد ، كان من الواجب اكتشاف وجود اوتار صوتية ومعدات تجريبية خاصة : المرتان الذي يتيح تمرين الاذن من اجل تحليل الاصوات وتمييز الهارمونيك العليا .

الاذن - وكان الاول الذي حاول تحديد حدود الاستماع في الاذن هو سولفير Sauveur (1700) . وقد اهتم اولر Euler ايضاً بهذا الامر (تتمان نوفا تيوريا موزيكا ، بطرس برغ 1739) ، كما لحظ الصعوبة المتوقعة بسبب التغييرات تبعاً للمراقبين . وكانت النتائج اقل اهمية من الحدث ، حدث التعبير عنها ، بمجرد ارتفاع الاصوات ، وهذا دليل جديد على الانتباه لهذا العنصر المميز . وبانتظار اكتشاف اواليه الاستماع جرت عدة دراسات حول تناغم وتنافر الاصوات بخلاف القرن الثامن عشر قام بها اولر ، وتارتيني Tartini (كتاب الموسيقى ، 1754) ودالمبير d'Alembert (عناصر الموسيقى ، 1762) . ولكن هذه الدراسات اقتصرت على اعتبارات حول العلاقة البسيطة في تواتر الذبذبات التي تسمع بأن واحد .

وفي النهاية لم نجد الاداة الرياضية التي اعدتها الدراسات حول الاوتار وغيرها من الاجسام المرجحة لم نجد تطبيقها الكامل في الظاهرة الصوتية في القرن الثامن عشر . ولكن الاتصال مع الدراسات الفيزيائية حول طبيعة الصوت الذبذباتية ، بصرف النظر عن الوسط الدعامة هو الذي اتاح منذ مطلع القرن التاسع عشر ، الانجاز الرياضي بفضل سلسلات فورييه Fourier في تحليل الصوت ثم نشوء علم حقيقي حول التطبيقات المتعددة .

الفصل الثالث :

الحرارة في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

ان اهمية الطاقة الحرارية في حياة البشر ضخمة واكيدة . انها في البداية حرارة الشمس . العنصر الاساسي اللازم لكل حياة نباتية او حيوانية ، عنصر يؤمن تنالي الفصول ، وتوزيع المناخات وتغيراتها . وهناك أيضاً النار التي قلب الاستيلاء عليها ، باعتباره احد اول واكبر الانجازات التقنية التي حققها الانسان ، قلب ظروف التغذية البشرية . وأتاح ولادة وتطور تقنيات اساسية مثل السيراميك والتعدين .

ولكن بمقدار اهمية هذه الظواهرات على الصعيد العمل ، بمقدار ما تبين تحليلها دقيقاً وصعباً . والسبب الرئيسي في هذا الوضع الذي جر وراءه ازدهاراً متأخراً جداً في ما يتعلق بدراسة هذه الظواهرات دراسة نظرية ، هذا السبب يكمن في صعوبة عزل العناصر الاساسية وتكوين مفاهيم عنها وهي : الحرارة وكمية السخونة . وتدخلت هذه العناصر ضمن اطار فيزيائي معقد للغاية تتداخل فيه الاسباب والمسببات ، وتدخل فيه مختلف مجالات الفيزياء (الميكانيك ، تغيرات الحالة ، البصريات ، الكهرومغناطيسية) ، الكيمياء (الاشتعال ، والتفاعلات المختلفة) ، الفيزيولوجيا (السخونة الحيوية) ثم السيكوفيزيولوجيا (مفهوم الحار والبارد) حيث توجد عوامل اخرى متقارنة ومندمجة بصورة هامة فيها .

والاهمية المعطاة « للنار » تبدو من خلال المكانة المميزة التي تحتلها في كل الانظمة الكونية والفيزيائية التي وضعت بخلال العصور القديمة . والنظرية الامبيدوكلية ، وقد صيغت في القرن الخامس قبل المسيح ، وهي تقوم على العناصر الاربعة : ماء هواء نار ارض ، سوف تظل تحتل مكانة واسعة حتى نهاية القرن الثامن عشر . واعتمد ارسطو هذه النظرية بعد ان اكملها . واكد وجود سمات اساسية : زوجين من الصفات المتناقضة الحار والبارد والجاف والرطب ، واجتماعها غير المتناقض يتطابق مع العناصر الاربعة (مثلاً النار حارة وجافة ، الهواء حار ورطب الخ) . وحرارة جسم ما ، (او مزاجه) تدل على النسب التي توجد من هذين الزوجين من الصفات الاساسية . هذا المفهوم المعتمد بشكل شبه عام حتى عصر النهضة . استكمل على الصعيد الطبي بالتمييز - المكمل والنوعي الخالص - الذي ادخله غاليلان ، وفيه الدرجات الاربعة الممكنة في الحار والدرجات الاربعة في البارد . وإذا فقد كان من غير الوارد التطلع الى انقاص الصفات الاساسية او ردها الى مفاهيم اخرى قابلة

للتكميم . وعلى الرغم من ذاتيته ومن محدودية تطبيقه ، ظلّ الاحساس السيكوفيزيولوجي بالحرار والبارد حتى القرن السابع عشر التقدير الوحيد لمفهوم الحرارة ، وكذلك للفحص الطبي كما للرصدات المتعلقة بالأرصاء الطقسية والفيزيائية .

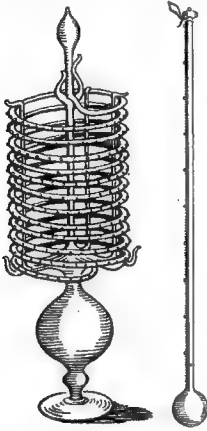
I - بدايات القياسات الحرارية (الترمومترية)

الرواصد الحرارية على الهواء Thermoscope (ترموسكوب) - منذ العصور القديمة لوحظت بعض مفاعيل تمدد الاجسام الصلبة والسوائل وكذلك طبق التوسع الحراري للهواء ولبخار الماء على عمل بعض الآلات البتكرة المستعملة في اغلب الاحيان كآلات تسير ذاتي . من ذلك ان فيلون البيزنطي Philon de Byzance (القرن 3 و 2 قبل المسيح) وهيرون الاسكندري Héron d'Alexandrie (القرن الاول قبل المسيح) ، وصفا في كتابيهما عن «البنوماتيك» انواعاً من الموازين لرصد الحرارة تتيح الثبت من سخونة وبرودة الهواء الموجود ضمن بالون . ولكن يبدو ان اية عملية لتتبع الحرارة لم تحصل بهذه المناسبة . وفيلون ، بهذا الشأن ، رغم تأثره باولية ديموقريط ، التي وصلته بواسطة ستراتون Straton ، يرجع بوضوح الى النظرية الارسطية حول المزاجا والصفات . الا ان قيام كوماندينو Commandino سنة 1575 ينشر ترجمة لاتينية لكتاب هيرون «بنوماتيك»، اعاد ذكر هذه الآلات الى الاذهان ، في الحين الذي كانت فيه مبادئ الفيزياء الارسطية ، موضوع جدل جدي . وانه لئلا يدلالة ان يكون غاليلي الذي يعتبر وكأنه اول من اعاد اكتشاف ميزان الحرارة (ترموسكوب) حوالي 1592 : في حين ان احد النصوص الغاليلية النادرة التي ترجع بوضوح الى هذه الآلة ، قد شجبت التميز الارسطي بين الحار والبارد باعتبارهما صفتين اساسيتين .

وكان ستوريو Santorio ، وهو من المتحمسين للطرق الكمية في العلوم البيولوجية ، من اوائل الذين استخدموا قبل 1612 سلماً ترمومترياً لقياس الحرارة . وهذا السلم المحدود بنقطتيه القصوين : (درجة حرارة الثلج ودرجة حرارة لمب شمعة) يتضمن ترقباً تدرجياً متساوي التقسيمات الدسيمترية (العشرية) . وقد حطم ستوريو Santorio ، وهو يستخدم هذه الآلة من اجل تقدير درجة الحرارة البشرية لغايات طبية ، حطم المعتقد القديم القائل بان الجسم البشري يكون في الليل اكثر برودة منه في النهار . وهناك موازين لرصد الحرارة (ترموسكوب) ، مستوحاة من نماذج فيلون وهيرون او ستوريو قد وصفت من قبل العديد من المؤلفين في ذلك الزمن امثال : ك . دريبل C.Drebbel (حوالي 1600) ، فرنسيس باكون Francis Bacon (1620) ، ج . لوريشون J.Leurechon (1624) ، ر . فلود R.Fludd (1638) ، آ . كيرشر A.Kircher (1641) ، و . غيريك O.de Guericke (1672) . الخ . ولكن الترموسكوب الهوائي ، والذي سمي خطأ من قبل لوريشون بالترموستاتر او ميزان الحرارة لم يكن الا آلة قياس قليلة الامانة ، وحساسة بآن واحد تجاه تغيرات الضغط الجوي كما تجاه تغير الحرارة . وخطورة هذا العيب الاخير اكتشفت بخلال الارصاد البارومترية الاولى ، من قبل باسكال Pascal سنة 1648 كما اشار اليها مجدداً . بويل سنة 1662 . ويعد اكتشاف هذا الشكل من العيب ، الموجز جداً

حلت موازين الحرارة ذات السائل (ترمومتر) محل الترموسكوب الهوائي .

موازين الحرارة الأولى ذات السائل (ترمومتر) - كانت الاشارة الاولى الى ترمومتر ذي



سائل قد وردت في كتاب ارسله جان راي Jean Ray الى مرسين في اول كانون الثاني سنة 1632. وهذه الالة البدائية هي مجرد نقل للترموسكوب الهوائي . وهي تقتصر على بالون مملوء بالماء يعلوه انبوب رفيع جداً مفتوح في طرفه الاعلى . وبعد عدة سنوات ، وقيل 1650 وضعت نماذج اكثر كمالاً في فلورنسا في محيط دوق توسكانا الكبير . وكان السائل المستعمل في هذه الترمومترات هو روح الخمر (الكحول المخلوطة بالماء) وكانت الانابيب - بعضها مستقيم ، يحمل التدرجات الفعلية ، وبعضها الاخر بشكل دائري حلزوني ، ويوضع في الصالونات - مسككة باحكام حتى لا يتغير السائل ، وكانت تحمل مُلْأ مرقماً مصنوعاً من حبيبات زجاجية - تسمح بتتبع درجات الحرارة (الصورة 37) . ولكي يتاح الاستعمال المنهجي هذه المعدات ، من اجل غايات الملاحظة الارصادية او العلمية ، كان لا بد من تأمين امكانية المقارنة فيما بينها . ولهذا الغاية حدد علماء فلورنسا النقطتين القصويتين في مقاييسهم (درجة الحرارة الشتوية الدنيا ، درجة الحرارة الحيوانية) وقسموا المسافة بين النقطتين الى عدد ثابت ذي اقسام متساوية ، مما يقتضي توحيد اتساع (كاليريا) الانبوب البارومتري . واتاحت الملاحظات الرقابية ، انجرة مثلاً في الثلج الذائب ، التثبت من النتيجة الحاصلة . وهناك حالات اخرى استخدمت فيها نقطة ثابتة واحدة ، اما التقييم فقد تم بالتمعرف التجريبي على معامل التمدد في السائل الترمومتري ، ومعرفة العلاقة بين الاحجام الداخلية للخرزان ولقسم عدد من الانبوب . واستخدام هذه الموازين الحرارية من قبل اكااديمية سيمتو ، في إطار الجهد التجريبي الواسع الذي قامت به بعد 1657 (1) اتاح لها شهرة كبيرة .

صورة 37 - نموذج ميزان حرارة وضعتها اكااديمية سيمتو نحو سنة 1660 (متحف تاريخ العلوم في فلورنسا)

(1) إستعمل علماء فلورنسا أيضاً سلاسل من رقاصات الضغط المدرجة ، بقصد تتبع تغيرات الحرارة إنطلاقاً من تغير درجات التفل النوعي في السائل .

وساعدت بعض النسخ المجلوبة الى فرنسا وانتكسرا على نهضة العلوم التجريبية وعلى تقدم الترمومترية من جديد (ترمو حرارة متريه قياس) : وكان الاستكمال الاساسي المتوقع في هذا السبيل الاخير ، واقعا في مجالين ، الاول نظري : وهو التعمق التصوري لمفهوم الحرارة ، وتعريف سلم ترمومري ادق واكثر تجذراً . اما المجال الاخر فتقني : وهو صنع الات اكثر دقة وامانة وأفضل ملائمة لمختلف الاحتياجات النظرية والعملية .

وهذا المجهود المزدوج التصوري والتقني ، احتاج الى قرابة قرن قبل ان يصل الى نتائج مرضية نوعاً ما ، ولكنه شق الطريق الى دراسة النظرية لمجمل الظواهر الكالورية (الوحدات الحرارية) ، والى الاستعمال العملي الاكثر فعالية لمفاعيل هذه الظواهر . كما ادى بذات الوقت الى تقدم مهم في العديد من فروع العلم الخالص والعلم التطبيقي ، مثل الكيمياء او علم الارصاد حيث تتدخل هذه الظواهر .

تقدم علم قياس الحرارة (ترمومري) في القرن الثامن عشر - ان تعدد السوائل يبدو وكأنه ظاهرة ترمومترية هي الايسر اكتشافاً ، ويبقى اختيار السائل الاكثر طواعية . ومنذ 1693 اقلع هالي Halley عن استعمال الماء ، بسبب نقطة تجمده العالية جداً . وفي سنة 1772 اشار ج . آ . ديلاك J.A.Deluc الى تعارض آخر او عدم صلاحية : وهو عدم انتظام تمدد الماء ووجود نقطة قصوى في الثقل النوعي هي الدرجة 4 ستيغراد . (وهذا الامر تأكد سنة 1805 بتجربة شهيرة لوب (Hope)⁽¹⁾ . اما روح الخمر ، فهو سائل ذو معامل تمددي مرتفع ، وهو خليط من الماء والكحول ، ويساعد على صنع موازين حرارة حساسة جداً . ولكنه ذو نقطة غليان قليلة الارتفاع كما انه ذو تركيب غير محدد وذلك بسبب انعدام الفكرة الواضحة فيما يخص التمييز بين الخليط والنوع الكيميائي ، وكذلك لانعدام الطريقة الدقيقة لقياس الثقل النوعي ، وهو قياس لم يتحقق الا في سنة 1768 على يد بومي Baumé . الا ان العديد من المجريين ، وخاصة ريومور Réaumur قد نجحوا في تحسين شروط استعماله نظراً لسعة انتشاره . وكان الزئبق خالياً من عيوب روح الخمر ، على الاقل بشكله النقي ، الا انه ذو معامل تمددي اقل ، وهذا ما اخر اعتماده كسائل ترمومري ، واذا كان بوليو Boulliau قد استعمله لهذه الغاية منذ 1659 ، فان انتشار استعماله بصورة واسعة لم يتم الا بعد 1720 ، بفضل تأثير فهرنايت . وقد عرّف هذا الاخير ، وكان يهتم بالترمومترية منذ 1709 ، عرّف السلم الترمومري الاول ، الذي عاش حتى ايامنا هذه . وبعد العديد من التجارب ، حدد عند الدرجة صفر حرارة نوع من المزيج المبرد ، وعند الدرجة 96 حرارة جسم انسان بصحة جيدة . وثبت بان تجمد الماء وغليانه تحت الضغط الجوي

(1) بين الدرجة صفر مئوية (ذوبان الجليد) والدرجة 4 مئوية ، ينقص حجم كتلة محددة من الماء عندما تزداد الحرارة . وذلك عكس ما يحصل لبقية السوائل . وفوق الدرجة 4 مئوية يتبع الماء القاعدة العامة ، ويزداد حجمه كلما ازدادت الحرارة . ويتبع عن ذلك بشكل أكيد أن الماء يصل إلى درجة قصوى في ثقله النوعي عند الدرجة 4 مئوية . وضمن فسخة أو مسافة حول هذه الدرجة الحرارية يكون ترمومتر مائي مطابقاً لقيمتين ممكنتين .

العادي يحدثان عند درجات حرارة ثابتة (أي على التوالي عند الدرجة 32° و 212° في سلمه) وهذان الرقمان اعتمدا بوجه عام كنقطتين ثابتتين أساسيتين⁽¹⁾. وبواسطة آلة خاصة، هي «المهسومتر» أثبت فهرنهايت أن نقطة غليان الماء تتغير تبعاً للضغط الخارجي، وهذا أمر استخلمه فيما بعد ديبلوك في قياس الارتفاعات. كما أنه حدد نقطة غليان السوائل المختلفة.

وهناك سلم ترمومري آخر استعمل في بعض البلدان الأوروبية الغربية حتى بداية القرن التاسع عشر. وفيه جعل الصفر والدرجة 80 درجتى حرارة تجميد المياه وغليانها تحت الضغط العادي. وهذا السلم برغم أنه أدخل بشكله الدقيق هذا، في سنة 1772 إلى فرنسا، على يد الفيزيائي والعالم الارصادي الجنيفي ج. آ. ديوك J.A. Deluc، وذلك في كتابه «بحوث حول تغيرات الفضاء»، هذا السلم يجعل خطأ اسم العالم الطبيعي الفرنسي ريومور Réaumur، الذي نولى ترقيم ترمومترات انطلاقة من نقطة ثابتة وحيدة هي صفر درجة (تعادل تجمد الماء) بعد دراسة مسبقة لتمدد السائل الترمومري، وتعيير دقيق للأنبوب.

وأخيراً أدخل السلم الترمومري المثوي الكلاسيكي (صفر درجة و 100° وذلك لنقطتي جود الماء وغليانه في ظل الظروف العادية)، سنة 1743 من قبل الليوني ج. ب. كريستين J.P. Christin. وهذا السلم، المحدد اليوم بشكل دقيق انطلاقة من السلم الدولي المطلق، يجعل اسم العالم الفيزيائي السويدي آ. سلسيوس A. Celsius، الذي استعمله - بشكل معكوس - انطلاقة من مطلع 1744.

وكان استعمال الترمومترات لغايات ارضادية جوية (ميتيرولوجي) هو في اساس قسم مهم من التحسينات التي أدخلت على صناعة الترمومترات. وهذا الاستعمال أدى أيضاً إلى وضع معدات خاصة مثل الترمومتر ذي الحد الأقصى وذو الحد الأدنى (ش. كافينديش 1757 Ch. Cavendish : أدوات منفصلة؛ ج. سيكس J. Six، 1782 : آلة وحيدة؛ د. روفر فورد 1790 Rutherford : آلة وحيدة)؛ كما أدى استعمال الترمومترات أيضاً إلى صنع الميزان الحراري المسجل (آ. كيث 1795 A. Keith) الخ. والعديد من البيرومترات التي صنعت بخلال هذا القرن (ب. فان موشنبروك 1740 P. Van Musschenbroek، ج. اليكوت J. Ellicott، 1736، ج. سميتون J. Smeaton، 1754؛

(1) إن نقطة تجمد الماء، التي اعتمدت كنقطة وسط من قبل الفيزيائيين في أكاديمية سيمتو Cimento، كان قد اقترحها كنقطة ثابتة هوك Hooke (1665)، وهويجن (1665)، ودالوني Deland (1688) ورينالديني Renaldini (1693)، ونيوتن (1701) الخ. ولكن وجود ظاهرة الذوبان القوي برر بعض التحفظات بهذا الشأن. إن نقطة غليان الماء، وقد اقترحت كنقطة ثابتة أيضاً من قبل هويجن Huygens (1665)، ورينالديني (1693)، وامنتون Amontons (1702)، الخ، لم تكن أميز من بعض النقط الثابتة الأخرى المستخدمة في تلك الحقبة، إلا إذا كانت نقارة السائل وثبتت الضغط مفروضين بشكل الزامي. ولكن هذا لم يحصل فيما يخص ترمومتر رينالديني الذي كان الأول في استخدام كلي الحرارةين، لتغير حالة الماء كنقطتين ثابتتين.

لافوازييه Lavoisier ولا بلاس Laplace 1781 ؛ ج. رامسدين J. Ramsden 1785 كل هؤلاء كان هدفهم في الواقع دراسة التمدد الحراري للمعادن ، وذلك من اجل تطبيقها في صنع الساعات والموازين الرصدية ⁽¹⁾ . اما البيرومتر الحقيقي الوحيد فقد تصوره ج. ودغود J. Wedgwood سنة 1782 من اجل تحديد حرارة افران الفخاريات ؛ وهو مبني على تمدد مكعبات صغيرة من الصلصال .

وقد كشف انجاز ترمومترات من انواع متنوعة ، وطول المناقشات ، حول اختيار الظاهرة الفيزيائية المختارة ، وحول تحديد السلم وترقيمه (نقطة ثابتة وحيدة او نقطتان ثابتتان . . .) عن الطبيعة الانفاقية (الاصطلاحية) لكل محاولة من اجل تحديد درجة الحرارة انطلاقاً من ظاهرة فيزيائية محددة ومعينة ، ولكن الدراسات المقارنة وحدها ، الاكثر دقة ، والتي وقعت في النصف الاول من القرن 19 هي التي اتاحت اقرار هذه الواقعة بوضوح ، مؤدية الى تحديد السلم الحراري الديناميكي (ترموديناميك) المطلق .

الا ان بعض التجارب الحاصلة ، منذ بداية القرن 18 ، رغم مجيئها قبل وقتها ، فهي التي فتحت المجال .

تحديد الترمومتر الغازي وبدايات مفهوم الحرارة المطلقة - فيما بين 1702 - 1703 اعتمد ج. آمونتون G.Amontons كمقايير ترمومترية ضغط كتلة من الهواء محفوظة تحت حجم ثابت ، بصحح حجمها تبعاً لتحركات الضغط الجوي . و اشار آمونتون انطلاقاً من النتائج التجريبية الى التبعية الخطية الطولية ، في هذا المتغير ، بالنسبة الى درجة الحرارة ، واعاد الثقة بميزان الحرارة الهوائي ، بشكل اكثر ارضاء ، والذي عرف نجاحاً كبيراً ابتداءً من القرن 19 .

وكان هدف آمونتون الرئيسي تسهيل المقارنة بين القياسات المجراة في اماكن متنوعة ، وفي اوقات متنوعة ، بحيث يتاح القيام ، فوق كل الكرة الارضية ، باستقصاء واسع ارضادي يمتد خلال حطبة طويلة . واستتب آمونتون ، بحوالي قرن ونصف قرن مفهوم الغاز الكامل ، فعرف الحرارة بانها مقدار قابل للقياس ، وليس فقط مقداراً يمكن تتبعه ، معهداً امام فكرة درجة الحرارة المطلقة .

وكانت القيم التي اعتمدها آمونتون للتدليل على درجات الحرارة في تجمد وغيان الماء $1/2, 51$ و 73 (بالبوصة الزئبقية) قد اتاحت تحديد « صفرها المطلق » (وهو تعبير قال به لامبير Lambert) وهي تمثل درجة حرارة يكون فيها ضغط الهواء لاغياً ، وسماه « البرد الاقصى في هذا الترمومتر » -239° - مئوية .

ورجع ج. هـ. لامبير J.H.Lambert الى نفس التحليل العقلي انطلاقاً من قياسات اكثر دقة ،

(1) إن حلقة غرافساند Gravesande الشهيرة قد ابتكرت لإثبات أن القطر الخارجي يزداد بنفس نسبة ازدياد القطر الداخلي عندما تتمدد الحلقة أو الأنبوب . وكان مخترع هذه الحلقة هو . ج. غرافساند (1688 - 1742) ، أستاذاً في جامعة ليد ، وكان مقيماً وداعياً ناشطاً للفيزياء التجريبية .

فحصل في كتابه «بيروميتري» (1779) على 270.3- درجة مئوية ، وهو عدد قريب جداً من القيمة المعتمدة حالياً وهي 273.2- درجة مئوية . ولتحسين الدقة كان من الواجب الحصول على معرفة أفضل بالخصائص الحرارية للغازات ، الأمر الذي يقتضي بصورة مسبقة التثبت من مثل هذه الأجسام غير الهواة ، وهو المثل الوحيد المعروف تماماً في زمن امونتون .

دراسة الخصائص التمددية في الغازات - ادى النبوض السريع ، بالكيمياء المفرغة للهواء ، وبصورة فعلية خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر الى دراسة مجمل الخصائص الفيزيائية للغازات ، وبصورة خاصة دراسة العلاقات بين الحجم والضغط ودرجة الحرارة في كتلة معينة من الغاز .

وإذا كان قانون تساوي درجة الحرارة الذي وضعه بويل Boyle وماريوت Mariotte قد اثبت عن اهميته وكفائته -مع الاخذ في الاعتبار ضعف الدقة المطلوبة ، والحدود التضيقية لفرجات التطبيق - وهذا الى ان حصلت التجارب الكبرى على يد رينولت Regnault في القرن التاسع عشر ، فإن قياسات الثقل النوعي ، والنتائج المتعلقة بتمدد الغازات ذات الضغط الثابت ، او تغير ضغطها في حالة الحجم الثابت ، كل ذلك بدأ يختلفاً تماماً .

واتاحت القياسات الاكثر دقة ، التي اجريت بقصد ابعاد الاسباب الرئيسية للغلط - وبصورة خاصة وطوبى الغازات المدروسة - اتاحت لشارل Charles ان يقرر قبيل 1790 ان تزايد الضغط على مختلف الغازات ذات الحجم الثابت يتناسب مع ارتفاع درجة حرارتها ويتناسب مع حجمها (كما قال بذلك امونتون من قبل) ، ولكن هذا التزايد لا يتعلق بطبيعة هذه الغازات . ولما كانت هذه النتائج قد بقيت من غير نشر ، فقد توجب انتظار سنة 1802 حتى يقوم غاي - لوساك Gay-Lussac بمراجعة الدراسة التجريبية ، بشكل اكثر وضوحاً ، فعرف بهذا القانون ، وبذات الوقت عرف بالقانون المرتبط به والمتعلق بالتمدد في حال الضغط الثابت . وعرف النصف الاول من القرن التاسع عشر توسعاً ضخماً في البحث حول الخصائص الفيزيائية للغازات والابخرة : هذا التطور ، المشروط جزئياً بالتطبيقات العملية ، ادى الى اكتشاف القانونين الاولين في الترموديناميك ، كما ادى ، في سنة 1848 الى ادخال السلم الترموديناميكي المطلق على يد لورد كلفن Lord Kelvin . وكان هذا السلم المؤسس على خصائص «الغازات الكاملة» قد ازال الصعوبات الاخيرة التصورية المتعلقة بمفهوم درجة الحرارة . ولكن ، ومنذ القرن الثامن عشر اتاحت الانجازات المحددة المحققة في مجال الترمومتريا ، بأن واحد توسيع التطبيقات لتشمل الكيمياء والارصاد الجوية ثم عن طريق الفصل بين مفاهيم الحرارة وكمية الحرارة ، الوصول الى ارساء القواعد الاساسية في علم الكالوريمتريا (او قياس درجات الحرارة) ، وهي تقنية ضرورية لقيام علم الترموديناميك .

II - نظريات الحرارة (السخونة)

بخلال القرن السابع عشر ، ورغم ان مفهوم الحرارة او السخونة لم يتوضح بشكل كامل . فقد كانت هناك نوعيتان من النظريات تتصارعان في موضوعها .

وكان التلامذة البعيدون الذريون اليونان ، وغاسندي Gassendi بشكل خاص ، يقبلون بجسمية النار ، اذ يعتبرونها مكونة من جزيئات متناهية اللطف وخفيفة ، مزودة بحركة ضخمة تخترق المادة العادية ، في مختلف حالاتها ، وتعمل بمجرد حضورها فقط . اما اتباع المذهب الميكانيكي ، فالسخونة عندهم تنتج عن الحركة وليس عن الفعل المباشر ، اما للجزيئات المكونة للمادة كما تقول النظرية الاولى الحركية للغازات والتي وضعها دانيال برنولي سنة 1727 وهي نظرية تقول بان تصادم هذه الجسيمات يؤمن لها الاحتفاظ بطاقاتها الحركية - واما ان الحرارة او السخونة تنتج عن حركة جزيئات متناهية الصغر وشبيهة بالجزيئات التي استعان بها اللابيون ، كما هو الحال في تصورات فرنسيس باكون Bacon Francis وديكارتر Descartes وهوك de Hooke وماريوت Mariotte وامونتون Amontons .

من « مادة النار » الى السُعرية (Calorique) - نظراً لعدم وجود برهان تجريبي حاسم . اصبح الاختيار بين طغي النظريات صعب التبرير . وقد اعتمد بويل Boyle - معتقداً انه يأخذ الى اوسع مدى الوقائع المرصودة - نظرية مختلطة ، مدخلاً بأن واحد الجسمانية - لكي يفسر الزيادة المفترضة في وزن المعادن المتكلسة في اناء مقفل - ووجهة النظر الحركية لكي يفسر انتاج الحرارة بالحك . حتى نيوتن نفسه اعتمد بحسب الحالات مواقف متفرقة مختلفة نوعاً ما . والواقع ، وحتى القرن 19 ، ان المفاهيم الشائعة سوف تكون المفاهيم التي تندمج بالشكل الاكثر ارضاءً في نظرية فيزيائية او كيميائية عامة . فالتأويل المضلل لتجربة « تكلس » المعادن بالاناء المغفل ، وازدهار نظرية السائل الناري Phlogistique ، ثم التوضيح التدريجي لحفظ كمية السخونة كاملة في التبادل السعري الخالص ، كانت بالنسبة الى الكيميائيين ، في القرن 18 ، حججاً حاسمة لصالح نظرية جسمانية حول السخونة . لكن ، كما هو الحال بالنسبة الى السائل الناري Phlogistique عملت الاكتشافات المتتالية ، التي قام بها الكيميائيون بخلال النصف الثاني من القرن 18 ، بصورة مستمرة ، على تغيير الطبيعة والخصائص المعزوة الى هذه المادة النارية ؛ انها مادة قابلة للوزن ، مكونة من ذرات لطيفة ولكنها وازنة ؛ وقد اعتبرها كيميائيو مطلع القرن (هومبرغ Homberg ، ليمري Lémery ، بورهاف Boerhaave) الخ بمرتبة السائل الذي لا يتقبل التحطيم وغير مادية ، انه « السُعْر » في نظر لافوازيه Lavoisier وتلامذته⁽¹⁾ بعد ان عرف للمصائر الاكثر تنوعاً والاكثر تناقضاً ، بخلال الفترة الحرجة سنوات 1760 - 1780 . وقد عمل اعتبار « قياس السُعرية » (كالورمترية) كجسم عقيدة بسيطة ومتماسكة على تثبيت هذه النظرية واُمن استمراريتها ، الى ان توفرت في منتصف القرن 19 الحجج الدامغة لصالح النظرية الحركية .

(1) انظر فصل نشأة الكيمياء الحديثة. أن كلمة سعرية Calorique ادخلها لافوازيه في كتاب « الطريقة التصنيفية الكيميائية » الذي نشره سنة 1788 غريتون دي مورفو Gruydon De Morveau ولافوازيه وبرتولي وفوروكرو Fourcroy ، برز هذا « السعْر » على رأس العناصر البسيطة .

رومفورد Rumford - انتاج السخونة بواسطة الحك ، و« حفظ الطاقة » - لم تكن هذه النظرية الاخيرة قد نسيت تماماً . وفي حوالي سنة 1780 ظل علماء امثال لابلاس وماكر Macquer انصاراً لها ، مدفوعين بأن واحد ، بنوع من الاحترام للتراث النيوتني ، وبأمل استطاعة مذهباً حفظ الطاقة ليشمل ميدان الحرارة ، هذا المبدأ المتحقق في اطار الميكانيك الضيق . وقد اشار باكون Bacon الى انتاج السخونة عن طريق الحك ، وكذلك بويل ، تأييداً للنظرية الميكانيكية . وبعد تجارب دنيس بابان Denis Papin اثبت بناء « المضخات النارية » الاولى ان السخونة تعمل على تبخير الماء ، وبالتالي ، على احداث قوى ضخمة .

وفي سنة 1798 ، تدخل بنجامين طومسون Benjamin Thompson ، كونت دي رومفورد Rumford (1753 - 1814) بضجة كبرى ، عندما استعمل النظرية الميكانيكية ، لكي يشرح الانتاج المهم للسخونة الملحوظ اثناء حفر انابيب المدافع .

وفي حين كان انصار «السعرية» يحاولون تفسير هذه الظاهرة عن طريق تغير القدرة السعرية للجسام المحكومة ، ثم تصاعد مقترن لسخونتها الكامنة ، استنتج رومفورد ، مستنداً على تجارب دقيقة ومقننة جداً بأن امكانية انتاج كمية من الحرارة غير محددة عن طريق الحك ، لا يمكن ان تفسر الا في اطار النظرية الميكانيكية ، عن طريق تحويل الطاقة الميكانيكية الى سخونة . هذا الموقف كان يتعارض مع التفسير الحصري المعتمد من قبل العلماء العديدين الذين يرون ان مبادئ حفظ الطاقة واستحالة الحركة الدائمة ، المقررين في مجال الميكانيك ، يجب ان لا تمتد الى ابعد من هذا الاطار الضيق . ان ثقل التراث ، مضافاً الى سيطرة نظرية «السعرية» كان من القوة بحيث انه ، باستثناء الكيميائي دافي Davy لم تقبل افكار رومفورد الا بنحفظ وان تأثيرها الحقيقي لم يتطور الا في السنوات 1820 .

مسألة الحرارة المشعة - في هذه الاثناء تكونت حجة اخرى ضد نظرية «السعرية» بذات الوقت : ان الامر يتعلق بالفهم التدرجي للتشابه بين الحرارة المشعة والضوء . لقد اجري العديد من التجارب بهذا الموضوع منذ القرن 17 ، ولكن اهمية معدل امتصاص الاشعة السعرية من قبل عدسات الزجاج غطت هذا التشابه في نظر العديد من المجريين . والفكرة التي اطلقها نيوتن - عن وجود نوعين من الانتشار مختلفين : عن طريق الانثاق بالنسبة الى الضوء ، ثم عن طريق التموج بالنسبة الى السخونة المشعة - ساهمت في تعقيد هذا الوضع . في هذه الاثناء ، وفي اواخر القرن 18 ، عملت الارصاد التي اجراها بعض العلماء ، ومنهم بوفون Buffon وشيلي Scheeli ولامبير Lambert ، وسوسور Saussure ويكتة Pictet ، على رؤية تماهي الطبيعة بين الضوء والحرارة المشعة . هذه الواقعة التي احس بها سنة 1791 ب. بريفو P. Prévost ، الذي حدد المفهوم المهم للتوازن المتحرك ، ووج. هوتون J. Hutton (1794) ، قد ثبتت اخيراً في السنوات الاولى من القرن التاسع عشر . وشكلت هذه الواقعة فيما بعد حجة ذات وزن ، لصالح النظرية الميكانيكية التي سوف نشير في مختلف فصول المجلد اللاحق ، الى نجاحها نجاحاً يعزى الى وضع قوانين اساسية في مجال الترموديناميك ، والى فهم

أكثر وضوحاً للصفة الكونية الشاملة لمفهوم الطاقة .

ولكن الى جانب هذه المناقشات المشحونة حول تفسير « طبيعة النار » . عرف النصف الثاني من القرن 18 تحقيق خطوة ضخمة الى الامام في دراسة الظواهر السعرية ، بفضل توضيح مفهوم كمية السخونة ، والمفاهيم المشتقة من السخونة الكامنة ، والسخونة الذاتية ، السخ وهي مفاهيم اتاحت وضع اساسات علم السعرية « كالورمترية » .

فكرة كمية السخونة وبدايات قياس السُعْرية (كالورمترية) : جوزيف بلاك Joseph Black ، لافوازييه Lavoisier ولاپلاس Laplace - ان مفهوم كمية السخونة لم يكن ليتوضح كمفهوم او فكرة الا بعد ان توضحت فكرة درجة الحرارة بشكل مستقر . كما انه لا يمكن ان يرى في هذه الفكرة الا تسييق اول لفكرة « القوة القائمة للسخونة » في الجسم ، الا في اواخر القرن الخامس عشر ، عندما قام ج . مارلياني G. Marliani يعرفها بانها حاصل ضرب درجة حرارته بحجمه ويقله النوعي . وقام فيزيائيو « اكاديمية سيمتو » بخطوة اولى في اقامة فكرة السخونة الذاتية النوعية عندما لاحظوا ان كميات متساوية من مختلف السوائل ، المحملة بصورة مسبقة الى نفس درجة الحرارة ، اذا وضعت فوق الجليد تذيب منه كميات متفاوتة . ولاحظ فهرنهايت Fahrenheit وبورهاف Boerhaave بدورهما نفس الملاحظات المماثلة ، ولكن الفيزيائي والكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك ، (1728-1799) هو الذي أوضح حوالي 1760 ، هذا المفهوم « القدرة على السخونة » (إن عبارة « سخونة نوعية » ادخلها ماجلان Magellan سنة 1780) عندما قدم أسلوباً واضحاً لقياسها .

كما ان مفهوم السخونة الكامنة في تغيير الحال ، هو ايضاً قد توضح ، من قبل بلاك الذي اثبت ان تسهيل كمية من الجليد بدون رفع حرارته ، يقتضي الاستعانة بمصدر مهم من السخونة الخارجية .

وكان من الفائقين بنظرية مادية النار ، فقال بان هذا السائل غير القابل للوزن يمكنه ، عندما يفعل فعلاً في جسم ما ، ان يغير في درجة حرارته ، او عند اللزوم ، ان يحدت تغييراً في حالته الفيزيائية ، وبهذا ينتج الماء عن مزيج من هذه المادة بالجليد . وبعد مقارنة مختلف مفاعيل هذه المادة النارية ، وبخلال عدة سنوات ، من 1757 الى 1762 ، تصور المفاهيم الحديثة لكمية السخونة ، والقدرة السُعْرية ، والسخونة الحرارية (السخونة النوعية) ، وللسخونة الكامنة في تغير الحال (الانتقال من حالة السيولة الى حالة الجمود او الحالة الغازية والتغيرات المعاكسة) واسس الكالورمترية (او علم قياس سمعات الحرارة) ، حينما حقق بواسطة طريقة الخلاط التحديدات الاولى الفعلية لهذه المقادير (يمثل الماء بالنسبة الى السخونات الكامنة) . وبعد ان كان بلاك سنة 1764 قد تولى ، بشكل أكثر وضوحاً ، ومساعدة تلميذه ايرفين Irvine ، تحديد الحرارة الكامنة من تبخر الماء ، كرر واط هذا القياس ، في اطار بحثه حول الآلة البخارية . وهكذا ، وبخلال عدة سنوات ، توضح مفهوم كمية السخونة ، بعد تطبيقه على عدة ظواهر فيزيائية ، وعلى استكمال الآلة البخارية .

وارتكزت طريقة الخلاط التي استعملها بلاك في تجاربه السعرية على صيغة بدائية تعطي درجة

حرارة التوازن θ في جملة من الاجسام ذات القدرات السعيرية وذات درجات الحرارة الاسمية المتتالية

$$: t_1, t_2, \dots, t_n \text{ و } C_1, C_2, \dots, C_n$$

$$\theta = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{C_1 + C_2 + \dots + C_n}$$

ان درجة حرارة التوازن θ ، استشعرت بشكل غامض من قبل ج. ب. موران J.B.Morin (استرولوجيا غاليليا ، 1661) ، بسبب قصور في الفهم الواضح للمفاهيم العاملة ، قد قربت من الاندماج ، بشكل اكثر وضوحاً ، بفضل الاعمال المحققة في سان بطرسبرج على يد ج. و. كرافت (1744) G.W.Krafft و.و. ريشمان W.Richmann (1747) ، وبفضل اعمال الفيزيائي السويدي ج. ك. ويلكي J.C.Wilcke (1772) الذي كان منافساً لبلاك ، فحقق قياسات لسخونات تغير الحالة والسخونات النوعية ، واخيراً بفضل اعمال الفنلندي ج. غادولين J.Gadolin . هذه الاعمال بدت في معظمها مستقلة عن اعمال بلاك . كما ان الاعلان عن نتائجها - وبخاصة نتائج اعمال ويلكي - اكمل ، الى حد ما ، البقص البالغ في نشر نتائج الاعمال الأكثر اتساعاً والاكثر عمومية التي حصل عليها الفيزيائي الاسكتلندي (بلاك) .

وهذا الشأن ، اذا كانت اعمال بلاك قد وجدت تطبيقاً لها شبه مباشر ، في احد ابرز اختراعات واطع Watt ، وهو المكثف المنفصل ، فهي بالمقابل لم تنتشر الا ببطء شديد . فقد ظلت لفترة طويلة غير معروفة الا بشكل غير مباشر عبر الدروس والمحاضرات التي القاها مؤلفها في غلاسكو Glasgow وادنبره Edimbourg ، وعبر الاشارات الموضحة بدرجات متفاوتة ، على يد الفيزيائيين الآخرين ، وبعد موت بلاك فقط نشرت سنة 1803 ، من قبل ج. رويسون J. Robison « محاضراته حول عناصر الكيمياء » والتي تضمنت جوهر ما قدمه في مجال دراسة الظواهر الحرارية .

من الصعب تقييم الحد الذي عرفت فيه انجازات وافكار بلاك الجديدة من قبل العلماء الفرنسيين في سنة 1782 ، وهي السنة التي باشر فيها لابلاس ولافوازيه سلسلة قياساتها السعيرية ، المحققة بواسطة ميزان للسعريات جليدي متقن الصنع

ورغم ان تقريرهما عن اعمالهما ، وهو « مذكرة حول السخونة » الشهير ، والمنشور سنة 1784 ، يكشف عن اختلاف جذري فيما يتعلق بطبيعة الحرارة - باعتباره ان لابلاس اعتمد الفرضية الميكانيكية ، في حين اعتمد لافوازيه الفرضية السعيرية - فقد حقق العلمان ، بفضل تعاونها الوثيق ، برنامجاً ممتازاً من القياسات . فقد تناول هذا البرنامج كل المظاهر الرئيسية للعمل السعري : السخونات النوعية في الجوامد ، والسوائل وايضاً في الغازات ، سخونات تغير الحالة ، ولكن ايضاً سخونات الذوبان ، وسخونات التفاعل ، السخونة الناتجة عن التنفس الخ . وهكذا فانها لم يكتفى فقط بتابعه عمل بلاك ، وذلك بتوضيح المفاهيم المتنوعة التي ادخلها هذا الاخير ، عندما استكمل تقنيات الكالورمترية ، بل انها ايضاً ، ارسيا اساس الحرارة الكيميائية (ترموكيميا) واكتشفا اصل السخونة

الحيوانية . والبحوث التي قاما بها معاً ، حول هذه النقطة الاخيرة ، وكذلك البحوث المتأخرة التي قام بها لافوازيه مع تلميذه سيغين Seguin ، حول التنفس والعرق ، تشكل مرحلة مهمة في تطور الطرق الكمية ، في مجال الفيزيولوجيا الحيوانية⁽¹⁾ . وبعد بلاك ولا بلاس ولا فوازيه أصبحت « الكالورمتريا » مولودة . لقد قدمت الى الفيزيائيين ، في القرن 19 ، التقنية التجريبية اللازمة لتأسيس علم الترموديناميك (الحرارة المتحركة)

التوصيلية الحرارية - كذلك في أواخر القرن الثامن عشر . أخذت ظاهرة انتقال السخونة من جسم الى آخر تتوضح بفضل التجارب الاولى التي تسمح بتمييز الانصالية الحرارية . وبالفعل اذا كان التمييز بين الاجسام الموصلة جيداً للحرارة ، مثل المعادن ، والاجسام الموصلة الرديئة ، مثل الخشب ، قديماً جداً ، فانه ليس الا في سنة 1789 قد حصل ان قام الفيزيائي الهولندي انجنهوس Ingenhousz لهذه الغاية باتنجاز جهاز تجريبي بسيط جداً - اشغل عليه بعد عدة سنوات ، رومفورد Rumford - من أجل مقارنة التوصيلية الحرارية في مختلف الاجسام الجاملة .

فقد اثبت قضبان من ذات الحجم من هذه الاجسام ، حول اناء معدني ، بعد ان تكون قد غطيت بطبقة خفيفة من جسم سريع الذوبان ، مثل الشمع . فاذا سكب الماء الحار في هذا الاناء ، فان ذوبان الشمع الموضوع على مختلف القضبان ينتشر بشكل غير متساو ، وعندها يمكن تمييز التوصيلية الحرارية ، في كل قضيب ، بطول طبقة الشمع الذائب في ظروف معينة .

ان الدراسة النظرية لمسألة الايصال الحراري سوف تدرس بنجاح بخلال السنوات الاولى من القرن التاسع عشر من قبل فوريه Fourier وسوف تسجل احدى النجاحات الاولى للفيزياء الرياضية .

بدايات الآلة البخارية - رغم ان تطور التقنيات هو خارج دراستنا ، يتوجب التذكير بان الآلة البخارية قد اخترعت في اواخر القرن السابع عشر . وقد عرفت تطبيقاتها الاولى واستكمالها الاولى بخلال القرن الثامن عشر . والمراحل المتتالية ، من هذا الفصل الممتع في تاريخ التقنيات قد وصف وحلل في المجلدين 2 و3 من التاريخ العام للتقنيات ، ولذا فاننا نكتفي هنا ببعض التذكير الموجز جداً .

لقد طبق هيرون Héron على بعض الآلات العجيبة قوة انتشار بخار الماء هذه القوة التي ادخلت ايضاً في بعض المشاريع النظرية الخالصة المنجزة بخلال القرن السابع عشر ، وبخاصة من قبل ج. ب. دلابورتا G.B.della Porta ، وسالومون كوس Salomon de Caus وج. برانكا G.Branca ، وكذلك ادخلت في محاولات ربما كانت اكثر فعالية ، قام بها حوالي 1640 المركيز دي وورستر Worcester .

(1) انظر هذا الشأن موضوع التنفس في الفصل الثاني في الكتاب الثالث من هذا القسم .

اما توضيح الضغط الجوي، والتجارب على آلة البارود التي قام بها هويجنز مستبقاً اعمال دنيس بابان Denis Papin الذي - بعد ان اخترع الهاضمة Digesteur : اي طنجرته الشهيرة (1681) التي هي النموذج الاول لضاعطاتنا الحديثة - حقق من خلال صعوبات من كل نوع عدة نماذج متتالية من الآلات المحركة المستخدمة لبخار الماء (1687 و 1707) ولكن على الصعيد العملي، كان بابان مسبوقاً بالانكليزي توماس سافيري Thomas Savery الذي - في سنة 1698 - اودع براءة آلة سميت بالآلة الجوية . ولكن آلة سافيري سرعان ما تحلّفت وراء آلة نيوكومن Newcomen - القائمة على استخدام نظام السيلندر - بيستون (اسطوانة - دَفَاعَة) - والتي شاع استعمالها كثيراً بخلال القرن الثامن عشر . اما الاستكمالات اللاحقة ، والاكثر اهمية فقد قام بها جامس واط James Watt الذي سبق واشرنا الى اكتشافه للمكثف المنفصل ، وهو اول مثل ، في هذا المجال، لهذه التداخلات بين البحث الخالص والبحث التطبيقي تداخلات بدت مجزية وخصبة في القرن التاسع عشر .

وفي القرن التاسع عشر - كما سنرى في المجلد اللاحق - فقط اتاح توضيح مبادئ الترموديناميك (الحرارية - الحركية) فهم المبادئ الحقة لعمل الآلات الحرارية .

ان الجهد البطيء ، المبذول في مجال التجريب العملي وفي التفكير العلمي (الايستيمولوجي) ، - والذي قام به فيزيائيو القرن 17 والقرن 18 ، قد جرّ ، بخلال هذه الحقبة ، علم السخونة من المجال الكيفي الموروث عن العصور القديمة الى مجال علم كمي ، معد ومهيأ للقيام بثورة حقة على الصعيد النظري ، وللاتصال الوثيق والخصب بالعلم التطبيقي .

الفصل الرابع :

الكهرباء والمغناطيسية في القرن الثامن عشر

تمت بخلال القرن اسابع عشر ثورة علمية . وقد اكتملت تقريباً في فجر القرن اللاحق . وفي الفيزياء طُوِّرَ غاليليه Galilée وباسكال Pascal وديكارت Descartes . عندما استخدم الرياضيات - وهويجنس Huygens وبخاصة نيوتن Newton ، طرق التقصي والتحليل التي سوف يعتمدها العلم الحديث .

ان كتاب نيوتن حول « النظرية الجديدة في الضوء والالوان » ، هو نموذج تحليل تجريبي واستقراء نظري ، هو من سنة 1672 ؛ وصدرت أول طبعة من كتاب المبادئ وهو نموذج تركيب فيزيائي رياضي سنة 1687 . ومن جهة اخرى ، وفي مجال الكهرباء ، وجد اوتو غيريك Otto de Guericke حوالي سنة 1660 آلة كهربائية ستاتييه ، وهي احدى هذه الاختراعات الوطنية (احدى الاوليات) التي كثرت صرة واحدة وسائل العمل عند الباحثين في الطبيعة . وقد وصفها سنة 1672 ، بذات الوقت مع التجارب الجديدة التي اتاحت له صنعها .

ومع ذلك فان تقدم معارفنا حول المغناطيسية والكهرباء ظل بطيئاً جداً طيلة حوالي 50 سنة وحوالي نهاية القرن الثامن عشر تقريباً ، ادخلت التدابير الكمية الدقيقة الكهرباء والمغناطيسية في اطار العلم النيوتني .

وكانت الاسباب عديدة : أولاً الاعادة المعقوية للتجارب حول الكهرباء الثبوتية (الكترولستاتيك) ثم تعقيدات التفاعلات بين قطع المغناطيس ذات الراسين لكل قطعة .

وبعدها تضاييق فيزيائيو هذه الحقبة ، اثناء فخرهم بانهم رفضوا النظريات الاحيائية ، اثناء توفهم الى ايجاد تفسير للظواهرات ، تضايقوا من الصور الميكانيكية الدقيقة جداً والمبهمة جداً بأن واحد ، لحركات المواضع اللطيفة ، للفضاء ، وللاعاصر ، التي تغشي الوقائع الحقيقية أكثر مما فسرها . وقد كان الامر كما عبر عنه هوك Hooke قبل سنة 1703 بقوله :

« لقد كانوا يفضلون ذلك (اي ان ينوا لانفسهم نوعاً من التصور الجميل او الخيال) على الجهد

في البحث المعمق المبني على التجارب وعلى التلمس والتحليل الدقيق ، وقد اكتشفوا بشيء يمكن ان يسليهم .

واخيراً بدت تجارب غيريك، وحتى انه الكهربائية، منسية او مهمله . وكان من الواجب ان تكتشف اكتشافاته من جديد واحدة واحدة بعد 40 سنة . وكان الكهربائيان الوحيدان من النصف الاول من القرن الثامن عشر ، اللذان ما تزال نقرأ مؤلفاتهما بأنس وفائدة هما : شارل فرنسو سيسترني دوفي Charles-François Cisternay Dufay وبنجمن فرنكلن Benjamin Franklin . وكانت الظاهرات التي راقبها قد وصفت بدقة ، أما المبادئ الناتجة عنها فقد صيغت بجهد ووضوح ، أما دور الصور الميكانيكية فقد كان مقتضياً جداً الى أقصى حد .

فرنسيس هوكسي Francis Hauksbee - في سنة 1675 اجري الاباني جون بيكار Jean Picard ، وهو فلكي في باريس، ملاحظة غريبة فقد نقل ليلاً بارومتراً ولاحظ انه عند كل حركة عنيفة تميز الزئبق، كان بريق أزرق تقريباً يضيء الأنبوب، ولشرح هذه الظاهرة ، اكتفى بخلل 30 سنة بتصور فرضيات مشوشة ، ذات طابع كيميائي عموماً .

وكان فرنسيس هوكسي (ت . 1713) تلميذاً لبويل Boyle الذي دربه على تقنية الفراغ (استكمالان مهمان لمضخة غيريك ، يعود الفضل فيها الاول الى بويل ، والثاني وهو المضخة ذات الجسمين ، الى تلميذه) . وقد أهله تكوينه ومواهبه كمخترع ، وعبقريته كمجرب لكي يهتم « بالضوء البارومتري » . واجري دراسة عنه منهجية بين 1705 - 1709 ، ويمكن القول اليوم ، رغم انه لم يعرف ذلك هو بنفسه ، ان دراساته كانت اولى البحوث حول التفريغ الكهربائي في الغاز المنذر .

ويين ان الاحتكاك كان السبب في هذه الظاهرة ، مثلاً احتكاك الزئبق بالزجاج ، ولكي يشمل تجربته مواد اخرى صنع جهازاً معقداً ، فيه يلور، ضمن فراغ جزئي، دولاب اثبتت فيه قطع من العنبر تحكك بالصوف. ثم ادار أنبوباً من الزجاج مفرغاً من الهواء وأخذ يحكه بيده . ويقول بعض المؤرخين انه بهذا اعاد اختراع الآلة الكهربائية التي صنعها غيريك Guericke . وهذا ممكن . ولكن الاسبقية تعود بدون شك الى هذا الاخير.

وبواسطة هذه الآلة اعاد اجراء ملاحظات معروفة ، ولكنها منسية ، ووصف - بعد كابو Cabeo وغيريك Guericke - الدفوعات الكهربائية ، وراقب البريق « المبتعث » ضمن كرة مفرغة عندما يقرب منها كرة اخرى محكوكه . وكان هذا هو اكتشاف « الحث الكهربائي الثابت » ، لو ان هوكسي قد ادرك العلاقة السببية بين الكهرباء وهذه الومضات ، لولا ان صورة مسبقة عن التندفات الخارجة من الكرة الاولى والتي تصدم الكرة الثانية ، لم تحجب عنه الوقائع الفعلية .

I - غري Gray ودوفي Dufay

وسوف تتسارع وتيرة الاكتشافات في الكهرباء بعد عشرين سنة : اذ سوف يستتج ستيفن غري (1670 ؟ - 1736) Stephen Gray ، في انكلترا ، وبصورة خاصة شارل فرنسو دوفي Charles

Francois Dufay [دوفاي] (1698 - 1739) في فرنسا، من وقائع جديدة كشفها تجربة أكثر وعياً ، بعض المبادئ العامة التي تتيح وضع نوع من الترتيب في هذا العلم الذي ما يزال يتعلم، ثم التنبؤ بإبعاده المستقبلية الفخمة.

اكتشاف توصيل الكهرباء - ان نقطة انطلاق بحوث غري Gray حول توصيل الكهرباء من بعيد هي ملاحظة عرضية (شباط 1729) وهذه الملاحظة كان غرييك قد سبق إليها منذ 55 سنة ويوسائل أقوى، ولكنها نسيت تماماً ، وذلك جزئياً لأن واضعها قد اكتفى بالإشارة إليها دون ان يستخرج منها أية خلاصة .

بعد ان حككت أنبوباً كبيراً من الزجاج المغلق بفيليتين ، ثم امسكت ريشة طائر زغبية من طرفها الأعلى ، فلاحظت انها تذهب نحو الفلينة ، مجذوبة مرة ثم مدفوعة من قبل الفلينة كما لو كانت من الأنبوب نفسه ، تعجبت واستنتجت انه لا بد من ان يكون في السدة قوة جاذبة ، انتقلت إليها من الأنبوب المتار ».

واجريت نفس التجربة ، فحصلت نفس النتيجة ، بواسطة كرة من العاج ربطت في بادىء الامر بقضبان من الصنوبر ذات اطوال مختلفة اثبتت في الفلينة ثم اعيدت التجربة بربط كرة العاج بخيوط من معدن او بخيوط صغيرة كان اطولها ، المتدلي عامودياً يبلغ 34 قدماً أي حوالي 10 امتار .

وفي حزيران 1729 وبعد محاولات غير مثمرة ، حاول غرييك ، بمعاونة صديقه ج. وهلر G.Wheeler ان ينقل اقلياً الى البعد قوة الجذب . فاقترح عليه وهلر ان يعلق الخيط الصغير بخيط من حرير ، ظاناً ان هذا يصلح أكثر نظراً لرفعه . ونجحت التجربة حتى مسافة 293 قدماً . وبعدها انقطع الخيط فاستبدله الفيزيائيان بخيوط رفيعة من الشبهان : فتوقف المفعول الكهربائي عن الانتقال . وفيهم الرجلان ان النجاح غير مرتبط برفع الخيوط التعليقية بل بكونها من الحرير . .

هذا المفعول فسر فشلها السابق :

« عندما كان الخيط الناقل للقوة الكهربائية مدعوماً بخيوط معدنية ، وعندما كان التيار يصل الى خيوط التعليق ، كان ينتقل عبر هذه الخيوط المعدنية الى الجسور ، فلا يذهب بعيداً في الخيط الذي يجب ان ينقله الى كرة العاج » .

ورغم ان غري Gray لم يستعمل كلمة موصل او عازل الا انه اكتشف توصيل الكهرباء . واكتشف ان بعض الاجسام لا تملك هذه الصفة . ومع ذلك فانه لم يركز على فكرة السائل الكهربائي التي اشار اليها تحت اسم دق اي تيار : فقد استخدم بدون تفريق كلمات قدرة كهربائية وكلمة كهربائية وكلمة دق بمعنى واحد . ولم يضع نظرية : المهم بالنسبة اليه هو وصف الملاحظات باللغة الدارجة وتجدر الإشارة الى انه لم يفكر في ايجاد حاملات او دعائم عازلة غير الحرير .

الكهربة بواسطة التأثير - وهناك اكتشاف اخر مهم لـ « غري » هو اكتشاف الشحنة الحاملة او الكهربة بالتأثير.

ان القطعة من الرصاص المعلقة في السقف بواسطة خيط « عندما يكون هناك انبوب من زجاج محكوك، فيقرَّب من الخيط (من اسفله) دون مسه ، فتجذب قطعة الرصاص ثم تدفع ختاتة الشبهان ، وهكذا يمكن ان تنقل « الطاقة » الكهربائية دون مساس او تماس، من الانبوب الى خيط الاتصال».

وبعد عدة سنوات طور دوفي Dufay هذه التجارب. ونشر نتائجها سنة 1733. وكانت هذه المذكرة وتالياتها عظيمة بأن واحد بوضوح الرؤية ولان مؤلفها كان الاول الذي ذكر اعمال سابقيه، وبخاصة اوتودي غيريك Otto de Guericke الذي اخبره من النسيان .

وبعد ان ثبت من ان « كل الاجسام لا يمكن ان تصبح كهربائية بذاتها (عن طريق الحك) ، بينَ انها جميعها تكتسب خاصية « الكهربية » الضخمة بتقريب الانبوب (الزجاج المحكوك) ، والخشب، والمعادن، والمشروبات « شرط ان تعزل مسبقاً بوضعها فوق منضدة زجاجية او فوق شمع اسبانيا ».

ورغم ان دوفي هو قبل كل شيء ، مثل غري، مجرب، رغم انه يتجنب عموماً البحوث النظرية ويعرف الكهرباء ببساطة على انها « خاصية تقوم على اجتذاب الاجسام الخفيفة » ، فقد حاول اكثر من سابقه ان يستنتج من ملاحظاته مبادئ عامة .

وانهى مذكرته الثالثة سنة 1733 فكتب : « يكفيننا الآن ، ان عرفنا وقررنا بان الاجسام الاقل قابلية لان تصبح كهربائية بذاتها ، هي الاجسام الاكثر طواعية للجذب، والتي تنقل الى البعيد وبشكل اقوى مادة الكهرباء ، في حين ان الاجسام الاكثر استعداداً لان تصبح كهربائية بذاتها فهي الاقل قابلية من الكل لاكتساب كهربائية خارجية ونقلها الى بعد ضخم » .

وانما لأول مرة يرتبط فيها التمييز الذي اجراه جيلبرت Gilbert بين « كهربائي بذاته » و« غير كهربائي » بنظام من الايصاليات المتزايدة . يلاحظ ايضاً التعبير : « تنقل ... للمادة الكهربائية » ، انها صورة اوحث بها ، كما لدى غري Gray، التجربة بالذات .

اكتشاف النوعين من الكهرباء - ان تاريخ اكتشاف دوفي « الكهريتين » مفيد للغاية . فهو بفكره المنطقي استخلص من مناقشة كل التجارب المعروفة فرضية عمل :

« تخيل ان الجسم الكهربائي ربما يجذب كل الاجسام التي ليست مثله ويُبعد كل الاجسام التي اصبحت كهربائية بقربه وبتوصيل قدرة هذا الجسم » . ولكن عندئذ : « ان الشيء الذي اذهلني جداً هو التجربة التالية : « بعد ان رفعت ورقة ذهبية في الهواء بواسطة الانبوب (زجاج مكهرب ابعدها بعد الجذب وجعلها تسبح في الهواء ») قربت منها قطعة من صمغ الكوبال محكوكة بحيث جعلت مكهربة ، عندها التصقت بها الورقة الذهبية في الحال . . . واعترف اني كنت اتوقع نتيجة مماكسة ، اذ، بحسب تحليلي ، ان الكوبال الذي كان مكهرباً، كان يجب ان يدفع الورقة التي كانت مكهربة ايضاً . وحصلت نفس النتيجة مع العنبر والشمع الابيضاني .

ولكن فيما بعد « قريت من الورقة المطرودة من قبل الانبوب كرة من الكريستال الصخري المحكوك والمجول مكهرباً : فدفعت الكرة هذه الورقة وكذلك الانبوب . . . واخيراً لم يعد بإمكانني ان اشك ان الزجاج والكريستال الصخري ، لا يتصرفان بعكس الصمغ الكوبالي ، او العنبر او الشمع الاسباني ، بحيث ان الورقة المرفوضة ، من قبل الاولى بفعل الكهرباء الموجودة في الورقة ، اصبحت مجنوبة بالآخريات . وهذا حملي على الاعتقاد بوجود نوعين من الكهرباء مختلفين » . . .

وبعد تجارب متعددة من الرقابة استنتج دوفي :

« واذاً فهناك دوماً كهربتان من طبيعة مختلفة جداً : كهربية الاجسام الشفافة والجوامد مثل الزجاج والكريستال الخ . . . وكهربية الاجسام الصمغية والقارية مثل الصمغ الكوبالي والعنبر والشمع الاسباني ، الخ . وهذه الاجسام وتلك ترفض الاجسام التي تلقت كهربية من ذات طبيعة كهريتها ، وهي تجذب بالعكس الاجسام ذات الكهربية المختلفة الطبيعة عن كهريتها . . ان الاجسام التي ليست حالياً كهربية يمكنها ان تكتسب (ان كانت معزولة) كلاً من هاتين الكهريتين ، وعندها تبدو مفاعيلها مشابهة لمفاعيل الاجسام التي اعطتها هذه الكهربية . . . فهناك اذن كهربتان مبيتان . . . اسم الاولى الكهربية الصمغية ، والثانية الكهربية الزجاجية » .

وبعد ان رفض احتمالية وجود صنف ثالث من الكهرباء ، استنتج دوفي هذا الحكم (الرابع) :
« ماذا يمكننا ان لا نتوقع من حقل يمثل هذا الاتساع ، يفتح امام الفيزياء . وكم هي [كثيرة] التجارب الفريدة التي قد تكشف الخصائص الجديدة للمادة ؟ » (تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم ، 1733) .

والمنقطقات السابقة تدل الى اي حد من الدقة طبق دوفي الطريقة العلمية : ووصف ملاحظاته واستخلص منها « مبادئ » . ولم يتكلم الا عابراً ، ودون كبير اهتمام ، عن المادة الكهربائية ونقلها . وكانت « نظرية السائلين الكهربائين » تحت تناول يده ، وسرعان ما تجلّت من بحوثه ولكنه لم يعلنها صراحة ابداً .

ولهذا تثار الدهشة قليلاً من رؤية فيزيائي يمثل هذا الوعي لقيمة الطريقة التجريبية ، بطور ، بتأثر من ديكرات - وهو عرضاً حق - نظرية اعصابية للجذب والدفع الكهربائين ، وفيما بعد نظرية عن المغناطيسية .

اما مفاهيم الشحنة والحقل فلم تكن متميزة بوضوح . وسوف يوضح فرانكلين Franklin مفهوم الحث أو الشحنة ولكنه أسند أيضاً « الحقل » الى « جو معين » ، وكان لا بد من انتظار عجيء كافنديش Cavendish وكولومب Coulomb ، حتى يرى بناء نظرية نيوتنية متماسكة حول الكهرباء والمغناطيسية .

الابحاث اللاحقة - ومع ذلك ، وبموجب عمل نشر سنة 1731 ، صنع دوفي آلتين للقياس المغناطيسي « ماغنونتر »خصصتين لقياس القوى المغناطيسية ، واحدة ذات ميزان ، والثانية ذات لولب

حلزوني. وكانت النتائج الحاصلة مشوشة ، وقد اوضحت بمذكرتين سنة 1737 يذكر دوفي فيها : « ان أبسة ذات خيط . . . تستعمل للتعريف ما اذا كانت قوة الكهرباء هي اكبر او اصغر . . . ويشاهد الطرفان المتدليان بحرية . . . يتعد احدهما عن الآخر ، بقرة متفاوتة وتشكل زاوية مختلفة الكبر . . . وهذا يظهر بشكل صحيح نوعاً ما درجة قوة الكهرباء » . ويعتبر تحمين « قلاب » جيلبرت سلف الموازين الكهربائية ذات كرات البيلسان ، أو ذات الأوراق الذهبية أو ذات الخيوط⁽¹⁾ .

وفيا بين 1734 وحتى موت غري سنة 1736 تبادل الفيزيائيان الانكليزي والفرنسي العديد من الرسائل . واهتما سوية بالشرارة الكهربائية .

عندها ذكر غري : « ان ابرة من المعدن اذا قربت من شيء مكهرب ، فان هذا الاخير يحسر كهرته على مهل وبصمت ، في حين انه بواسطة قضيب سميك يتم تفريغ الشحنة فجأة ، بشرارة » . واضاف : يوماً ما ربما يعضر على وسيلة لتجميع كميات اكبر من هذه النار الكهربائية التي بعد العديد من هذه التجارب - تبدو من ذات طبيعة الصاعقة والبرق » .

. التلاميذ - في انكلترا أكمل ج . ت . ديساغولييه J. th. Desaguliers عمل غري Gray . وقدمت أعماله (1739-1744) القليل من الوقائع الجديدة . انه هو الذي استحدث كلمة « موصل » وكتابه الممتاز « دراسة في الفلسفة التجريبية » (ط 1 ، مجلدان ، 1734-1744) نجح ، وأحدث تأثيراً كبيراً على فرانكلين .

وفي فرنسا ، كان الأبائي نوليه Nollet ، تلميذ دوفي ، قبل كل شيء مُمَيَّن بتجارب وداعية للعلم ونظريته « نظرية المتتالية » التي نشرها سنة 1746 ، والتي جوهت بها افكار فرانكلين ، هي من نظريات المدرسة الديكارية التي « لا تعلم شيئاً متميزاً او حتى متوقعا » (ج . باربيو دوبورج J.Barbeu Dubourg ، 1773) .

II - الآلات الكهربائية وزجاجة « ليد » Leyde

وسوف تعمل التحسينات التقنية والملاحظة العارضة ، خلال بضعة سنوات ، ابتداء من 1745 ، على بحث هذه كبر من الاكتشافات المهمة .

استكمال الآلات الكهربائية - قام غري بتجاربه بواسطة انبوب زجاج محكوك ، ودوفي بواسطة قضبان من مواد متنوعة . اما الآلة الكهربائية ، آلة غريك وهوكسبي ، البدائية نوعاً ما ، فقلما استعملت .

(1) ويعزى إلى دوفي أيضاً اكتشاف كبير في البصريات البلورية : « كل الحجارة الشفافة ذات الزوايا القائمة تعرض الانكسار البسيط . أما التي ليست زواياها قائمة فهي مزدوجة الانكسارية والانكسار المزدوج يتعلق بانحناء الزوايا » . وهي علاقة أساسية بين تباين الخصائص والانكسار المزدوج .

وفيا بين 1743 و 1745 جعلت هذه الآلة ايسر استعمالاً واقرى، خاصة في ألمانيا (ج. م. بوز G.M.Bose و.. غوردون A.Gordon وج. وينكلر J.Winkler الخ). وبواسطة دولاب كبير من خشب، ومن جهاز توصيل شريطي، دوّرت بسرعة فائقة، كرة ضخمة او انبوب من زجاج. وكانت الكرة تمك من اسفل بيد محرك واقف على الأرض - وفيا بعد بواسطة غدة Coussin من جلد. وتتوغل الكهرباء الحاصلة هكذا بواسطة شريط من الخيوط الرفيعة المعدنية تلامس اعلى الكرة. وكان هذا الشريط مربوطاً بماسورة بارودة معلقة بواسطة خيوط من حرير تستخدم كقطب وحيد للآلة.

واتاحت هذه الآلة اجراء تجارب مهلة رائعة وصاخبة، كررت في كل مكان، في الاكاديميات وفي الصالونات. لقد كانت الكهرباء من موضة العصر، وتكاثر الفيزيائيون الهواة.

اكتشاف زجاجة ليد Leyde - واصبح حماس الجمهور اكبر ايضاً بعد اكتشاف زجاجة ليد.

فقد سبق لغري ودوني ان اشارا الى انه بالامكان، بواسطة التماس مع انبوب محمك، كهربية ماء موضوع فوق مسند معزول. ومن جهة اخرى، كان تسرب الكهرباء البليء يعزى عادة الى «تبخّر المادة الكهربائية» فكان من الطبيعي انقاص هذه التبخير بحبس الماء ضمن قنينة.

وقمت التجربة عرضاً من قبل هاو: القس البوميراني ي. ج. فون كليست E.J.Von Kleist (ت¹ 1745) ومن قبل بيتر فان موشنبروك Pieter Van Musschenbroek استاذ الفيزياء في ليد (كانون الثاني 1746) الذي ربما استفاد من مساعدة احد مواطنيه واسمه كوناس Cunaeus.

وضع فون كليست Von Kleist في قنينة ماء غطس فيه مسماراً يمر عبر الفلينة. وامسك هذه القنينة بيد، واسند المسمار الى انبوب البارودة، وهو قطب آتة الكهربائية، ثم ابعده، وبعد قربه من شيء غير معزول: فانفدحت شرارة قوية جداً. وعندما لامست الشيء يده الأخرى، احس بصدمة ذات عصف لم يسمع به.

ولما كان كل هذا قد حدث والقنينة بيده، فقد اعتقد، ان الجسم البشري له دور في الحدث. واعاد موشنبروك نفس التجارب بصورة مستقلة، ولكنه انجحها حين وضع القنينة على الطاولة، وعرف ان الامر يتعلق بظاهرة فيزيائية خالصة. فكتب في الحال الى ريمور Réaumur الذي اوصل الرسالة الى اكااديمية العلوم. وعلق نوليه Nollet عليها في احدي مذكراته:

« هذه التجربة العجيبة اعطت الالق للكهرباء. فاصبحت بعد تلك اللحظة موضوع الحديث العام... وعمل كل الكهربائيين في اوربا على تكرارها وعلى دراسة ظروفها».

الاكتشافات التجريبية الجديدة - بعد 1746 اشار ب. ويلسون B.Wilson بأن «تراكم المادة الكهربائية في القنينة هو دائماً متناسب مع رقة الزجاج ومساحة الاجسام غير الكهربائية» (الموصلة) التماسمة مع هذه السطوح الداخلية والخارجية».

وفي سنة 1746 أيضاً خطر لـ ج. مونيه L.G.Monnier أن يجمع أطراف مكثف بواسطة خيط معدني طويل. وراقب الظاهرات الكهربائية التي رافقت تفريغ الشحنة، وكانت اول تجربة قد اجريت على تيار كهربائي (مؤقت). وحاول ان يقيس سرعة الانتشار، وامكنه فقط ان يبين ان « سرعة المادة الكهربائية » عندما تجتاز خيطاً جديداً، هي على الأقل، ثلاثون مرة اكبر من سرعة الصوت ». وهذه نتيجة تأكدت في انكلترا، بتجارب اوسع قام بها واطسون Watson والجمعية الملكية .

وقرر مونيه ايضاً (ضد تأكيدات بوز Bose) ان الكهرباء تنتشر في الاجسام من نفس الصنف سنداً لمساحتها. اكثر من جرمها .

النظريات المختلفة - اسند ديدرو Diderot ودالمير Alembert الى مونيه Monnier كتابة مقال في « الجسم المغناطيسي » و « الكهرباء » في الانسيكلوبيديا .

ونورد مقطعاً منها يظهر وضع الافكار في تلك الحقبة :

« ان مشاعر الفيزيائيين مقسومة حول سبب الكهرباء . وكلهم مع ذلك ، موافق على وجود مادة كهربائية مجتمعة نوعاً ما حول الاجسام المهيبة ، تحدث بحركاتها مفاعيل الكهرباء التي نشاهد . ولكن كل حركة تفسر ، بشكل مختلف الاسباب والاتجاهات لهذه الحركات المختلفة . . . ولما كان كنه المادة الكهربائية ما يزال غير معروف ، فمن المستحيل تعريفها بغير صفاتها الرئيسية » .

وهكذا نرى ان الناس ، في سنة 1745 ، كانوا يتكلمون عادة ويبداهة عن مادة او عن سائل كهربائي . وهذا المفهوم ، كان كالما قد فرض نفسه ، بعد ان لوحظ انتشار « القدرة الكهربائية » عن بعد وجمعها في زجاجة ليد Leyde .

وفضلاً عن ذلك ، لقد مضى زمن طويل ، على تصور الفيزيائيين لوسائل لطيفة : اشير نيوتن Newton وهويجنس Huygens ، والمادة النارية عند بورهاف (1732) Boerhaave ، وهذه وذلك كانا يعتبران من بنية ذرية تعتبر مخلوقة هكذا ، متميزة عن كل الاجسام الاخرى المخلوقة » .

والواقع كان من المفترض ان توحى المبادئ التي اكتشفها دوفي ، باطروحة « المائعين » الكهربائيين ، وهذه الفرضية بدلت وكانها « في . الجوّ » بخلال القرن الثامن عشر ، لان فرانكلين حاربها . الا ان دوفي نفسه كان مهتماً جداً بالاكتفاء بالوصف المجرد للوقائع ، كما كان معتاداً ، بذات الوقت ، على المفاهيم الميكانيكية لدى الديكارتيين ، حتى ليصعب عليه اطلاقاً صياغتها بعبارات صريحة .

ومن جهة اخرى لقد تركت التجارب الكهربائية (والمغناطيسية) النوعية دوماً والقليلة التنوع ، الأذهان في الاجام . فكللمات : قدرة ومادة ، واعصار ، ومائع ، وفضاء كانت تستعمل بذات المعنى تقريباً . والواقع ، وكما تدل كلمة مونيه ، ان مفاهيم الشحنة والحقل الكهربائي - بلغتنا

المعاصرة - (ومفاهيم المغناطيس والحقل المغناطيسي) ظلت مختلطة في عدم الوضوح.

وكان اول تقدم رئيسي، يعزى الى فرانكلين، الذي ابتكر كلمة شحنة كهربائية، واعطاها صورا واضحة؛ الا أنه استخدم أيضاً كلمة فضاء أو جو.

ومن جهة النظر النيوتنية، لم تصبح الافكار متميزة وواضحة الا بعد القياسات الكمية التي قام بها كولومب Coulomb. وفيما بعد ايضا، وبعد امبير Ampère وفراي Faraday، نوقشت طويلا « حقيقة » الشحنات الكهربائية والاقطاب المغناطيسية. ولم تسو المسألة الا من خلال نظرية لورنتز Lorentz بقدر اكتشاف الالكترون والبروتون.

III - عمل بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin

اعمال واطسون Watson - كان لفرانكلين سابق هو وليم واطسون William Watson. وكان اهم فضل يعزى لهذا الاخير، انه بين ان « القوة الكهربائية ترسم دائياً دائرة أو حلقة ». وقد لاحظ اولاً ان الشرارات الكهربائية تضعف جداً عندما يكون الفاعل الذي يسمحها من الآلة واقفاً على مصطبة تعزله عن الأرض. وفكر عندئذ، بالحاجة الى سلسلة لا تنقطع من الاجسام غير الكهربائية لتسجر « النار الكهربائية » من الأرض الى « انبوب البارودة ». وبين اخيراً مبدأ « الدورة الكاملة للمادة الكهربائية » بتجارب شديدة البراعة أجريت مع سلاسل من المراقبين المعزولين فوق قطع من الشمع، يسك بعضهم بعضاً باليد. واستنتج : « لقد حاولت ان أثبت عن طريق التجربة ان غير الكهربائي الأكثر قرباً يعطي كمية من الكهرباء تساوي الكمية المتجمعة في الاجسام المثارة... ان النار الكهربائية، الضائعة في رجل تعوضها الأرض في الحال ».

هذا المقطع قد يحمل على الظن ان واطسون كانت لديه فكرة غامضة نوعاً ما عن كمية الكهرباء وحفظها.

ولكنه من جهة ثانية اندفع وراء نظرية ميكانيكية معقدة.

وكانت هذه تتركز على فرضية « الاثير الكهربائي، والفضاء الذي يحيط بالاجسام... الكهربائية، فيمتد الى مسافة ضخمة. والاثير الكهربائي اكثر لطفاً من الهواء العادي... يحتاج بسرعة المعادن... ولا يحتاج الا على عمق معين الاصماغ... وهو يحرك الاجسام الخفيفة... ومطاطيته تبرز في كونه ينتشر على مسافة ضخمة... ان تيار الاثير الكهربائي يحمل معه كل ما يصادفه من اجسام خفيفة ».

واخيراً ولتفسير الدفعات وكذلك الجلب بدأ وكأنه يحتاج الى نظرية التسدقات المتتالية مع الفيضانات التي قال بها نوليه. وكان لا بد من مجيء فكر جديد، عبري بحق، يحل كل شيء تقريباً عن النظريات السالدة، ليهاجم بكل راحة وحرية فكر، وبالتجربة فقط، موضوع الكهرباء، حتى

يكتس كل هذه الفوضى الميكانيكية والميتافيزية الموروثة عن لوكرمس Lucrece وعن ديكرات وخلفائها .

بنجامين فرانكلين : حفظ الكهرباء ، الأجسام الكهربائية إيجاباً وسلباً - يعود تاريخ البحوث الأولى التجريبية التي قام بها بنجامين فرانكلين (1706 - 1790) إلى سنة 1747⁽¹⁾ . وكان اكتشافه الأول هو « المفعول المدهش للأجسام الرفيعة التي تستطيع بأن معاً إيصال النار الكهربائية إلى الأجسام الأخرى وتسحبها منها » . (تجارب وملاحظات حول الكهرباء ، لندن 1750 . رسائل إلى كولنسون Collinson ، رسالة II (1747)) هذه الملاحظة كان قد سبق إليها غيريك ، ثم بشكل أكثر وضوحاً غري .

كان فرانكلين يجهل هذه الملاحظة . ومن المعلوم أنها قادت فيما بعد إلى اختراع الشاري . ولكن بعد هذه الفترة أوحى له - مع تجارب أخرى - « الرأي بأن النار الكهربائية لا تتولد بالحد بل تجمع وأنها في الحقيقة عنصر (مادة غير قابلة للتلف) منتشر بفضل فواد أخرى يجذبها ، وبصورة خاصة الماء والمعادن » (نفس المصدر) .

وقد حقق فرانكلين هذه الفكرة بتجربة مدهشة في بساطتها ، ومعبرة نوعاً ما رغم كونها نوعية مثل كل التجارب الكهربائية في تلك الحقبة :

1- إذا وقف شخصان فوق الشمع أحدهما « أ » يحك أنبوب الزجاج والآخر « ب » يسحب منه النار ، هذان الشخصان إذا لم يتلامسا بيدوان وكأنهما مكهربان بالنسبة إلى ثالث « ج » واقف على الأرض ، أي أن هذا الثالث يستمد منها شرارات إن هو قرب أصبعه منها .

2- ولكن إذا تلامسا عندما يكون الأنبوب مشحوناً ، فإن آياً منها لا يتكهرب .

3- وإذا تلامسا بعد حك الأنبوب تتولد بينهما شرارة أقوى من الشرارات التي يستمدّها الشخص الواقف على الأرض .

4- وبعد هذه الشرارة تزول الكهرباء عن كليهما (نفس المرجع الكتاب الثاني) .

هذه الوقائع تفسر حالياً ، إذا افترضنا أن « ب » مكهرب بشكل إيجابي و« أ » بشكل سلبي ؛ أو إذا كان « ب » مكهرباً زائداً و« أ » ناقصاً ، أي إذا كان « ب » يحمل كهرباء أكثر من حصته الطبيعية « في حين أن « أ » يحمل كهرباء أقل . وهكذا يمكن تحويل النار الكهربائية كما أثبت ذلك و . واطسون W. Watson ، ويمكن أيضاً تجميعها في جسم ما أو سحبها منه « (نفس المرجع) . واخترع فرانكلين الذي لم يكن يعرف شيئاً عن الأعمال السابقة لغة خاصة به ، أصبحت كلاسيكية . ومع ذلك فقد استعمل التعبير الشائع « النار الكهربائية » : فقد كانت النار في القرن الثامن عشر النموذج المثالي للمواد اللطيفة .

(1) إن عمل فرانكلين Franken بالكهرباء قد استعيد ، من وجهة نظر أخرى ، عبر الدراسة التي أجراها ي - ب كوهن I. B. Cohen - العلوم في أميركا الشمالية البريطانية (انظر الفصل 3 من القسم 4) .

ويعتد ان تجمعت لديه هذه الافكار الاساسية طبقها على زجاجة ليد Leyde :

« في الوقت الذي يكون فيه الحيط وسدة القنينة (الكيان الداخلي) مكهربين إيجاباً أوزائداً يكون كعب القنينة (او الهيكل الخارجي) مكهرباً سلباً ، ويمقدار معادل تماماً ، أي انه : مهما كانت كمية الكهرباء المحمولة الى اعلى فهناك كمية معادلة تخرج من اسفل .. وبهذه الطريقة المدهشة تمتازج الكميتان من الكهرباء الزائد والناقص وتتوازنان في هذه القنينة العجيبة » (نفس المرجع الكتاب 3 ، 1747) .

وهذه تجربة أصبحت كلاسيكية تثبت هذه الأفكار بصورة مباشرة ،

« ثبت خيطاً في الرصاصة التي تسلك كعب القنينة (الذي يشكل الهيكل الخارجي) ، إحين الحيط نحو الاعلى بحيث تكون حلقتة النهائية على مستوى حلقة الحيط المار في السدة ، وعلى بعد 3 او 4 بوصات . كهرب القنينة ثم وضعها فوق الشمع . فاذا وضعت سدة معلقة بخيط من حرير بين هذين الخيطين فانها تتأرجح باستمرار من واحد الى واحد الى ان تفرغ القنينة من الكهرباء ؛ أي حتى تذهب بحثاً عن النار الكهربائية في الهيكل الداخلي لكي تنقله الى الهيكل الخارجي حتى يحصل التوازن » .

وهكذا تتضح قليلاً قليلاً نظرية السائل الوحيد التي صاغها فرانكلين Franklin بصورة كاملة سنة 1750 ، تحت عنوان « اراء واقتراضات تتعلق بخصائص ومفاعيل المادة الكهربائية » .

1- تقوم المادة الكهربائية وتتألف من جزيئات لطيفة الى اقصى حد لانها تستطيع التسرب الى المادة العادية حتى الاجسام الاكثر وزناً ، ويسهولة بالغة وحرية ، فلا تقف بوجهها اية مقاومة منظورة ..

3- الشيء الذي يفرق المادة الكهربائية عن المادة العادية ، هو ان جزيئات هذه المادة الاخيرة تتجاذب فيما بينها ، اما جزيئات المادة الكهربائية فتتنافر ..

4- ولكن ، رغم ان جزيئات المادة الكهربائية تتنافر ، فهي مشدودة ومنجذبة بكل مادة أخرى ...

6- وعلى هذا فاللادة العادية هي نوع من الاسفنج بالنسبة الى السائل الكهربائي . والاسفنج لا تستطيع ان تمتص الماء اذا لم تكن الجزيئات المائية اصغر من مسام الاسفنجية ، والامتصاص لا يتم الا ببطء اذا لم يكن هناك تمجاذب متبادل بين هذه الجزيئات وجزيئات الاسفنجية .. ويتم الامتصاص بسرعة اكبر اذا كان هناك بدلاً من الجذب ، بين هذه الجزيئات المائية دفع متبادل ، يعمل بالتعاون مع جذب الاسفنجية . وهذا ما يحصل بين المادة الكهربائية واللادة العادية .

7- ولكن اللادة تتضمن عموماً مقداراً من المادة الكهربائية بقدر استيعابها . فاذا اضعنا اليها اكثر فان هذه المادة الكهربائية تطفو على السطح وتشكل ما نسميه بالفضاء المغناطيسي : وعندها يكون الجسم مكهرباً » .

«9 - نحن نعلم ان السائل موجود في المادة العادية لاننا نستطيع امتصاصه الى الخارج بواسطة الكرة (الالة) او بواسطة الأنبوب ...»

«15 - ان شكل الفضاء هو مثل شكل الجسم المحاط. ويصبح هذا الفضاء مرئياً في الهواء الهادئ بواسطة دخان الصمغ... المنجذب والمتشرب ايضاً في كل الجهات مغطياً الجسم وسائراً له...»

وتأتي بعد ذلك نظرية قوة المسننات او الابر الرفيعة ، والمعتمدة على تصور للفضاءات الكهربائية ، ويضيف فرانكلين Franklin .

«18 - هذا التفسير بدا لي مقنعاً تماماً عندما اتاني عفواً وحام في فكري... ولكنني الان اشعر ببعض الشك...»

19 - ولكن ليس من المهم بالنسبة اليها معرفة كيفية مراقبة الطبيعة لقوانينها : ويكتفي ان نعرف هذه القوانين بالذات . والشيء المفيد بالنسبة اليها ان نعرف ان قطعة البورسلين اذا تركت بدون سند في الفضاء ، فانها تسقط وتتحطم . ولكن معرفة كيفية وقوعها ولماذا تنكسر فهو بحث تأملي فلسفي . وفي هذا للذة لنا ، ولكن بدونها نعرف كيف نحمي البورسلين » .

واللهجة الموضوعية ، والواقعية تقريباً في هذا المقطع الاخير تتعارض بشكل غريب مع وجهات النظر المصبوغة وما تزال بالميتافيزياء ، خلافاً للكثيرين من معاصري فرانكلين . « والآراء والافتراضات التي سبقت ، وحيث تنضج تماماً نظرية المائع الوحيد، تتجاوز حسن الحظ هذه الفلسفة الواقعية . الا انه لم يكن من غير المفيد دعمها لحظة وحتى المفارقة ، وذلك من اجل مقاومة تجاوز اخر معاكس وشديد الخطورة .

ان كل الوقائع تقريباً التي كانت معروفة في زمن فرانكلين تفسر بشكل نوعي بواسطة نظريته . ونحن نستطيع ان نرى فيها نوعاً من الرسيمه او التصميم لنظرية الالكترونات ، وهي جزئيات كهربائية اصغر من الذرات التي تبدو المادة المادية بالنسبة اليها نوعاً من الاسفنجية . ولكن للأسف : « هناك تجربة تثير عجبنا ، ولا نجد لها تفسيراً مقنعاً... فالاجسام التي تقل كهربيتها عن الكمية العادية (اي المشحونة سلباً) تتدافع فيما بينها كما تتدافع الاجسام المثقلة اكثر من اللازم بالكهرباء» (نفس المرجع الكتاب 4، 1748) .

والجهود التي بذلها فرانكلين فيما بعد لكي يفسر هذه الواقعة ، والتي ارتكزت على فرضية الاجواء الكهربائية، لم تكن ناجحة . وظل الامر حتى سنة 1759 حين اطلق ايبينوس Aepinus الفرضية القائلة بان خلايا المادة العادية المحرومة من الكهرباء المرتبطة عادة بها ، تتدافع تماماً كما تتدافع جسيمات المادة الكهربائية.

وهكذا تتخذ نظرية المائع الوحيد شكلها المكتمل . ولكن هذه النظرية قلما تختلف عن نظرية

الماتعيين ، التي سوف يطورها ر. سيمر R.Symmer في نفس السنة (1759). والمناقشات اللاحقة بين انصار هذين السائلين سوف تبدو عقيمة - كما شعر بذلك تماماً رجال من امثال كولومب Coulomb ونظراً للتناظر بين خصائص المادة الكهربائية وخصائص المادة العادية، في النظرية التي اكملها اينوس Aepinus، فمن الواجب الوصول بشكل طبيعي الى الافتراض ان هذه المادة العادية هي مادة كهربائية معكوسة من الاولى، وان النظرية الكهربائية للمادة قد سبق واكتشفت منذ قرن مضى. ولكن الافكار لم تكن ناضجة بعد ومعرفتها اي معرفة هذه الافكار بالظواهرات الكهربائية كانت مجزأة للغاية .

هذه المعرفة المجزأة والسطحية ، تفسر خطأ الاشارة الذي وقع فيه فرانكلين عندما قال بان المادة الكهربائية المتحركة تختلط وتشبه بالكهرباء الزجاجية ، عند دوفي Dufay، والتي نسميها ايضاً كهرباء ايجابية . فقد ظن فرانكلين ، وهو يراقب تفريغ الشحنات بجدارات الاجسام الرفيعة ، وكذلك وهو يراقب ظاهرة الهواء الكهربائي، فظن انه يرى المائع يسيل من الإبر المشحونة ايجابياً . نحن نعلم اليوم ان المظاهر كانت خداعة ، وان الشحنات الكهربائية المتحركة ، وهي اصغر بالنسبة الى خلايا المادة العادية ، تشكل الالكترونات السلبية .

وهناك شيء آخر ايضاً يصلحنا في نظرية فرانكلين : ذلك انه يخلط في مفهوم كهربائي واحد. المادة كهربائية والجو الكهربائي الذي يحيط بالاجسام المشحونة ، اي في الاساس، حقل قوتها . وكان هذا الالتباس معتاداً في منتصف القرن الثامن عشر: اذ نجده عند واطسون وعند الاباتي توليه . وقد عملت بحوث اينوس وكولومب، ثم التسرب النهائي لافكار نيوتن في الكهرباء ، على التخلي تماماً عن فكرة الاجزاء الكهربائية. ولكن هذه الفكرة ظهرت من جديد عند فرادي Faraday، انما معدلة تماماً وواضحة جداً ، ومرتبطة مباشرة بالتجربة ، ومتحررة من كل فرضية مادية .

الشاري (باراثونير) - بني مجد فرانكلين لدى الجمهور ، بشكل خاص على بحثه حول الصاعقة وعلى اختراعه للمشاري . في سنة 1749 اشار الى التماثل الكامل بين البرق والشرارة الكهربائية وتساءل حول خاصية اجتذابها بالمستلزمات الرفيعة ، هل ينطبق ايضاً على البرق ؟ .

وفي الحال اجري تجربة : نصَّب مسلة حديدية رفيعة فوق برج عالٍ ووصلها بشرط ينزل نحو الارض . واستطاع رجل واقف فوق مقعد من شمع ان يلتقط شرارات كهربائية عند مرور غيمة مكهربة .

واجريت التجربة في ايار 1752 من قبل فرنسوا دالبيار Fr. Dalibard ، في مارلي . وكانت توقعات فرانكلين قد ثبتت كلها . وفي تشرين الاول اعاد فرانكلين التجربة بواسطة طائرة ورقية . ان الكهرباء لم تعد يومئذ مجرد فضول اكايمي اوفضول صالونات . إنها قوة طبيعية يمكن التوصل الى ضبطها . واختراع الشاري سوف يجي البيوت والكنائس والسفن من صدمة الصاعقة . . . وذلك بسحب الكهرباء من الغيوم بصمت قبل ان تقترب لكي تضرب .

معاصر و فرانكلين وخلفاؤه - كانت نظرية ظواهرات التأثير الكهربائي كامة في نظرية فرانكلين

Franklin حول زجاجة ليد. اننا لن نركز على تجارب ج. كانتون J.Canton (1753) الذي استخدم موازين الكهرباء ذات الكرات الفلينية ، وهو تحسين لميزان الكهرباء ذي الخطوط الذي صنعه دوفي، ولن نركز أيضاً على موازين فرانكلين Franklin بالذات .

والتحليل الدقيق لهذه المفاعيل يعود بصورة خاصة الى فرانز إيبينوس Franz u.th. A.Epinus والى تلميذه ج. س. ويلكي J.C.Wilcke 1759 اللذين توصّلا الى تفسير هذه المفاعيل بصورة كاملة ، بالجذب والدفع ، والتحرك الكهربائي، داخل الموصلات ، دون ادخال الاجزاء المكونة من انبثاقات خارجة من أجسام مكهربة. وهذه النظرية هي بصورة اساسية نيوتنية رغم انها نوعية كيفية .

ونقطة الانطلاق في بحوث إيبينوس كانت اكتشافاً تجريبياً مهماً هو اكتشاف « بيرو كهرباء » : اذا احيت ابرة بلورية من التورمالين، تصبح هذه البرة مكهربة ، ايجاباً في طرف وسلباً في الآخر. والقبطان الكهربائيان في هذه البرة يشبهان تماماً قطبي المغناطيس . وحلته هذه الملاحظة الى تطوير نظرية المغناطيسات، والى المغطاة بالتأثير، المأخوذة من نظريته في الكهرباء : ان السائل المغناطيسي الوحيد يتحرك في الاجسام القابلة للمغنة؛ وخلاياه تتدافع فيما بينها، وتتجذب بالحدة .

وهذه المادة تمتلك اذاً ، بشكل تراكمي خصائص جذب السائل الكهربائي والسائل المغناطيسي، كما انها تتدافع فيما بينها . ويعد ان تشيع هذه المادة بالسائلين الكهربائي والمغناطيسي، لا تعود تتأثر الا بالجابذية الكونية.

هذه التعديلات⁽¹⁾ حلت بعض المفكرين على تفضيل فرضية السائلين الكهربائيين ، وهي فرضية اوحث بها تجارب دوفي ور. سيمر R.Symmer اقترحها سنة 1759 ، ولكن البراهين التي قدمها، دعماً لها لم تكن ذات قيمة .

وكان السويدي ت. برغمان T.Bergman الذي بدا وكأنه قد طورها باكثر ما يكون من الدقة سنة 1765 ، بقانون مزدوج حفظي : فالسائلان موجودان سلفاً بكميات متساوية في كل جسم . وبحالة جهود ؛ واقتراب جسم مكهرب جاذب لاحدهما يدفع بالآخر ويفصلهما ومن هنا نتج ظاهرات التأثير.

وسوف نتكلم قريباً عن جوزيف برستلي Joseph Priestley الذي كانت اكتشافاته في كيمياء الغازات رئيسية والذي كان في الكهرباء خلفاً وتلميذاً مباشراً لفرانكلين .

IV - قياس القوى الكهربائية والمغناطيسية وقانون فعلها

في سنة 1749 اخترع ج.ب. روا J.B.le Roy وب. ارمي P. d'Arcy اول آلة تتيح قياس

(1) والتي كان إيبينوس واعياً لها تماماً . ولكنه بعد ان زين عدم تضمينها التناقض ، طبقها كما هي ، على الأقل كفرضيات عمل .

القوى الكهربائية ، وهو ميزان الكهزباء وميزان كثافة السوائل : وهو عوامة فوق قضيب من معدن غاطس في الماء وفوقه عينة تقرب من العينة عينة أخرى متصلة بألة كهربائية . وتحدث مفاعيل التأثير جذباً فيغطس ميزان الكثافة . ويعاد به الى وضعه الاول باوزان تعطي مقياس قوة الجذب . وفي سنة 1760 استخدم دانيال برنولي هذه الآلة ليدرس كيفية تغيير المفاعيل الكهربائية تبعاً للمسافة بين العيتين . ويبدو ان مقياسه قد حققت قانون المربع العكسي للمسافات . وهذا تقريباً ما كان يجب ان تعطيه هذه التجارب ، ولكن الظاهرة المدروسة كانت معقدة ولم يكن الامكان فهمها الا فيما بعد . ولهذا لا يمكن اعتبار النتائج التي حصل عليها دانيال برنولي ولم تعتبر كمقنعة .

ما قدمه برستلي Priestley - ان الكتاب الكلاسيكي الذي قدمه برستلي ، وهو «الكهرباء في تاريخها وحاضرها ، مع تجارب اصيلة » ظهر سنة 1767 وطبع عدة طبعات وترجمات (اول طبعة فرنسية سنة 1771 بقلم م . ج . بريسون M.J.Brisson) .

وكانت مساهمته الاصلية في علم الكهرباء مزدوجة . بالدرجة الاولى نجد فيه المقياس الاول - التقريري جداً - للتوصيلات المتعلقة بمختلف المواد . ولكن هناك شيء اهم : لقد لاحظ برستلي ، بعد فرانكلين ان كرات الفلين لم تكن تتأثر بالكهرباء على الاطلاق ، الكهرباء الصادرة عن كأس معدني حبست فيه هذه الكرات . ويقول آخر ان الحقل المغناطيسي معدوم داخل مجوف معدني . واستنتج : « لا يمكن ان نستخلص من هذه التجربة ان جذب الكهرباء خاضع لنفس القوانين التي هي قوانين الجذب ، وان الجاذبية الكهربائية بالتالي خاضعة لمربع المسافات ، اذ قد بين انه ، اذا كان للارض شكل القوقعة ، فالجسم الذي يكون في داخلها لا يجذب من جهة أكثر من جهة أخرى ؟

وهنا يطرح برستلي سؤالاً فقط . فقد شعر تماماً ان بيانه ليس كاملاً . وقاعدة نيوتن لا تصلح الا للمجرفات الكروية . وقد عاد كافنديش Cavendish الى هذه التجربة بدقة شديدة اما بواسطة تجويف كروي .

جون ميشال John Michell - حتى الآن لم نشر الى العمل المهم الذي وضعه جون ميشال ، الذي صدر سنة 1750 ، في كتابه : « حول المغناطيس الاصطناعي » والذي سجل فيه اول تقدم مهم في القرن الثامن عشر - قبل نظرية اينوس Aepinus - حول علم المغناطيس . وكان ميشال مثلي فرانكلين ومثل اينوس نيوتونياً خالصاً . وقد أكد ان كل قطب في مغناطيس يجذب او يصدف تماماً وبمسافات متساوية في كل الجهات ، وان الجذب او الدفع يتقصدان تبعاً لزيادة مربع المسافة بالنسبة الى القطبين المتساويين . ولكن التجارب التي اراد بها اثبات هذا القانون بقيت قليلة الوضوح وقليلة الاقتناع .

عمل كافنديش Cavendish - عرف فرانكلين الشحنة الكهربائية او كمية الكهرباء ولكنه لا هو ولا خلفاؤه لم يكونوا قادرين على قياس هذه الشحنة . وباستثناء بعض المحاولات التي سبقت الاشارة اليها ظلت كل التجارب وكل التفسيرات النظرية نوعية . والانتقال من النوعي الى الكمي

يعود الفضل فيه الى كافنديش والى كولومب. لم ينشر هنري كافنديش (1731 - 1810) azسالتين ، في سنة 1771 و 1776، في « المقالات الفلسفية » واولى هذه المذكرات الغنية بمادتها الجديدة ، كانت مقدمة لاعماله الاخرى. ولكنه بعد ان اصبح متشابهاً، ترك هذه الاعمال الاخيرة مدفونة في اوراقه . وعثر عليها ماكسويل Maxwell ونشرها سنة 1879. وهذه هي النقاط الأساسية في مذكرته الاولى (1771): 1- انطلق كافنديش من نظرية اينوس ، واعتبر القوانين المختلفة الممكنة والمتعلقة بالتفاعلات الكهربائية ذات اس معاكس لمكثف n للمسافة . وبين ان هذا المكثف يجب ان يكون اقل من 3. ثم افترض مثل برستلي Priestley $2=n$ واستخرج النتائج الرياضية من هذه الفرضية : مفعول معدوم داخل كرة مجوفة ، توزيع سطحي للكهرباء في حالات خاصة مختلفة : كرة ، سطح ، سطحان متوازيان ، تأثير .

2- في كل هذه النظرية تدخلت فكرة درجة التكهرب في موصل سماه فيها بعد « ضاغط الكهرباء » والذي لم يكن الا الزخم الكهربائي ⁽¹⁾. ان الجسمين المختلفي الشكل والموصلين بغيظ موصل لا يحملان نفس الشحنة ولكنهما مكهربان بنفس الدرجة . والمفهوم الاساسيان في الكهرباء الثبوتية ، وهما الشحنة والزخم اصبحا معرفين بدقة .

ولم يكن لاعمال كافنديش اللاحقة ، نتيجة بقائها مجهولة طيلة مئة سنة ، لم يكن لها أي تأثير في تاريخ الفيزياء . وهي تتناول بصورة اساسية نقاطاً أربع .

1- التحديد التجريبي للقانون (1772 - 1773) $(1/r^2)$: في كل نقطة داخل كرة موصلة مجوفة ومكهربة تكون المفاعيل الكهربائية معدومة . واثبتت هذه القاعدة اتاح اثبات ان قانون المفاعيل الكهربائية هو قانون نيوتن ، لان اي قانون آخر لا يفي فيها بالفرض .

2- تعريف طاقة الموصل . ان شحنات موصلين مكهربين بنفس الدرجة تتناسب مع طاقة هذين الموصلين . وهذه الطاقة يمكن ان تقارن ، بمقياس مباشر ، وذلك بازالة الشحنة بصورة تدريجية عن الموصلين بواسطة جسم صغير ، للتجربة .

3- وطاقت الموصلين المسطحين المتشابهين اللذين الطبقة العازلة في الاول منها مكونة من الهواء وفي الثاني مكونة من الشمع او من الزجاج ، هذه الطاقات ليست هي ذاتها . هذه الواقعة التي لن يعثر عليها الافرادي Faraday أدت الى تعريف والى قياس الثوابت الكهربائية المضاعفة .

4- المقارنة الدقيقة بين الايصاليات الكهربائية لمختلف الاجسام - وهذا ما يقتضي استعماراً مسبقاً لقانون اوهم Ohm : « الحديد يوصل حوالي 400 مليون مرة افضل من ماء المطر ، اي ان الكهرباء لا تلاقي مقاومة في اجتياز خيط من حديد طول 400 مليون بوصة كما تلاقي مقاومة من عמוד

(1) لقد سبق لـ « دوفي » Dufay أن حدد درجة قوة الكهرباء ، وقاسها بتباعد خيطين في مقياسه الكهربائي . ولكنه وقف عند هذا الحد .

ماء من نفس القطر طوله فقط بوصة واحدة . وماء البحر . . . يوصل مئة مرة أفضل ، والحلول المشبع بالملح يوصل حوالي 720 مرة من ماء المطر » .

ولا نستطيع هنا الإلحاح على هذه التجارب الباهرة جداً ، نشير فقط الى ان مفاهيم الشحنة والزخم بعد تحديثها تماماً كان لا بد ان توصل في النهاية ، وضمن حالة الجمود الى مفهوم القدرة ، وفي حالة الديناميك لا بد ان توصل الى مفاهيم الزخم « سرعة التيار » ، والمقاومة .

شارل أوغوستين كولومب Charles – Augustin Coulomb نظرية المغناطيسية ، القوانين الاساسية في المغناطيسية وفي الكهرباء المستقرة . قبل دراسة عمل كولومب نذكر بشأنه حكماً عليه . من قبل ماكسويل : « يلاحظ ان اية تجربة من تجارب كولومب Coulomb لا تطابق اية تجربة من تجارب كافنديش : وطريقة كولومب هي خاصة به بكاملها . ولكن فضلاً عن ذلك ان فكرة الطاقة في الموصل ، كموضوع بحث تمزى تماماً الى كافنديش ، ولا يمكن ان نجد مثيلاً لها في عمل كولومب » .

كان شارل أوغوستين كولومب (1736 – 1806) رجلاً كلاسيكياً في العلم . وهو مثل كافنديش ، يمتلك امتلاكاً كاملاً الطرق الاحصائية التي جهد خلفاء نيوتن في تطبيقها . وهو لم يتحرف عنها ابداً . والكثير من رسائله عنوانه بحوث نظرية وعملية حول . . . كان بآني واحد مجرباً بارعاً ومنظراً عميقاً ، رغم ان الاداة الرياضية في اعماله كانت بسيطة للغاية . ومذكراته تتبع دائماً نظاماً لا يتغير : مقدمة نظرية مبنية على المعارف السابقة ، فرضيات عمل ، وصف للمعدات والاجهزة ، تجارب ، نتائج عملية ، وعواقبها النظرية ، تجارب جديدة مستوحاة من وقائع جديدة مكتسبة وهكذا دواليك حتى الاستخلاصات النهائية والتطبيقات العملية .

وفي اعماله الاولى كضابط في سلاح الهندسة ، وضع أسس نظرية مقاومة المواد المستعملة (1773)، ثم ، فيما بعد (1779) ، أعلن عن مبادئ الآلات البسيطة وعن قوانين الاحتكاك .

وفي سنة 1777 جذبت مسابقة اكاديمية انتباهه نحو المغناطيسية فوضع بشأنها مذكرة وبحوثاً حول أفضل وسيلة لصناعة الابر المغناطيسية » . ولم تتضمن هذه المذكرة وصفات عملية ، بل دراسة عميقة للظواهر ، فقد أسس أولاً على تجارب قديمة قام بها موشنبروك Musschenbroek وعلى تجاربه الخاصة ، مبدئين أساسيين يمكن تلخيصهما باللغة العصرية كما يلي :

الحقل المغناطيسي الارضي واحد موحد في مكان معين ، ومفعوله على مغناطيس يقتصر على مزدوج نسبي مع جيب (سينوس) الزاوية التي يحدتها المغناطيس مع توجه التوازي . من هذه المبادئ (مزدوج ، لا - قوة) ينتج « لاحق عام » يؤكد على ضرورة نظرية نيوتونية للمفاعيل المغناطيسية :

« ان اتجاه ابرة مغناطيسية لا يمكن ان يتعلق بيسيل من السائل . . . انه ينتج عن التجربة [التي مفادها انه] ليست الاعاصير هي التي تحدث الظواهر المختلفة التي تمثنت واثه ، لشرحها وتفسيرها ،

يتوجب بالضرورة اللجوء الى قوى جذابة ودفاعية من طبيعة القوى التي يتوجب استخدامها لتفسير جاذبية الاجسام والفيزياء السماوية .

وانطلق كولومب من هذه المبادئ ، فوضع معادلة حركة ابرة مغناطيسية في حقل ارضي ، وادمجها في التارجمات الصغرى ، وبين كيف يمكن استنتاج « توقيت القوة الممنغنة » من ملة هذه التارجمات ، وكيف يمكن مقارنة اللحظات المغناطيسية لمختلف المغناطيسيات ، فيما بينها .

وعندها قام بسلسلة من التدابير حول تارجمات المغناطيسيات المعلقة بخيوط رفيعة . واصابه الخرج تسامول ، هل مطاطية جدل الخيوط تشوه نتائج . وبواسطة تجارب جديدة ، ازاح هذا الازعاج وذلك بوضع قوانين الجدول مع خطأ صغير فيها .

نشير اخيراً الى انه (أي كولومب) ، وهو يحاول صنع ابر جيدة للبوصلة - عرف ما نسميه اليوم الحقل المجرد من المغناطيسية ، وأوجد قواعد تتيح التخفيف منه .

وفي سنة 1784 ، عاد كولومب الى ابحاثه حول جدل الخيوط ، وصحح خطأه لسنة 1777 ، وقدم نظرية صحيحة - وبسيطة للغاية - عن القانون الذي اكتشفه .

وفي 1785 ظهرت اولى مذكراته الامباسية حول الكهرباء : بناء واستخدام ميزان كهربائي . . .

وميزانه معروف ومشهور ، فهو يتيح قياس القوة الى حد واحد على ألف من الدين (= واحد على مليون من غرام وزن) ، وهذه الحساسية زادت فيما بعد . ولئن نصف تجاربه الكلاسيكية حول الدفع الكهربائي ، اول تبين دقيق - بعد تبين كافنديش غير المنشور - لقانون كولومب .

وهناك مذكرة اخرى ، في سنة 1785 ، وسعت القانون ليشمل الجاذبيات : تجارب دقيقة حول الميزان ، لان حالات الكهرباء ذات الاشارات المتناقضة ، تميل الى التماس فيما بينها وتفقد شحنتها .

وهناك طريقة اخرى ، أبسط ، مرتكزة على قياس المدة ارجحة ابرة عازلة تمحل في طرف من اطرافها جسماً صغيراً مكهرباً يتحرك ضمن حقل كرة مثقلة بكهرباء ذات اشارة معاكسة .

وفي نفس المذكرة توجد التجارب حول قانون المفاعيل المغناطيسية ، تجارب مجرة ايضاً بواسطة طريقتين (الاولى لبوتية (ستاتيك) والثانية متحركة او (ديناميكية) مع كل التصحيحات التي يقتضيها تعقيد الظواهرات .

وفي عمل ثالث لسنة 1785 ، اهتم كولومب بمفعول مزعج : تشتت او ضياع الكهرباء .

وهناك ثلاث مذكرات (1786، 1787، 1788) مخصصة لمسائل توزيع الكهرباء على الموصلات .

في المذكرة الاولى بين كولومب ، بالتجربة ان « السائل الكهربائي ، لا يتشر في اي جسم بفعل الألفة الكيميائية . . . بل انه يتوزع بين مختلف الاجسام المتماسية فيما بينها ، فقط بواسطة مفعوله

الدافع». ثم بعدها « يتوصل الى حالة الاستقرار ، فيتشرب فوق سطح الاجسام ولا يتسرب الى الداخل».

ومن اجل اقرار هذا المبدأ اخترع « خطة الفحص » المعروفة وجعلها نظرية . ويُن أيضاً بواسطة التحليل الرياضي البسيط ، فرضية كان يعرفها كافنديش :

« ان المائع المحيوس في جسم ، حيث يستطيع التحرك بحرية ، ان تحرك بالدفع ، من كل اقسامه التمهيدية ، وبقوة اكبر من عكس المكعب... فيجب ان يظهر (أي المائع) على سطح الجسم ، ولا يجب ابداً أن يبقى في داخله » .

والمذكرتان لسنة 1787 ولسنة 1788 تقدمان الحل التقريبي لمختلف مسائل توزيع الكهرياء على انظمة الموصلات . ولا يمكننا الا ان نشير الى دقة قياسات « الزخم الكهربائي » بواسطة « خطة الفحص » ، والتحكم بالحسابات النظرية المرتكزة فقط على قانون الجذب والدفع وعلى فرضية حركية الشحنات ضمن الموصلات .

وهكذا وضعت اساس الكهرياء المستقرة (الكتروستاتيك) التجريبية والرياضية . ولم يكن امام خلفاء كولومب ومنها بواسون Poisson ولورد كلفن Lord Kelvin الا اتباع النهج الذي رسم .

نركز فقط على نقطة : ان قانون كولومب يحدد تماماً « الكتلة الكهربائية » (الجرم الكهربائي) أي الشحنة في الجسم . ويتيح ميزان كولومب قياس هذه الشحنة ، وبواسطة خطة التجربة ، ايضاً زخمها عند نقطة معينة . هذه المقادير ادخلت في الفيزياء بواسطة فرانكلين ، انما بشكل نصف كمي . وكان كافنديش قد قاسها بقيمة نسبية بواسطة طرق غير مباشرة . وهذه المقادير مرتبطة من حيث قيمتها الحسابية بالقيم الميكانيكية الاساسية ، ويمكن أن تخضع للحساب .

ما هي طبيعة هذه الشحنة؟ لقد وُجِدَ كولومب ، ككل معاصريه ، امام نظريتين : نظرية السائل الوحيد ، سنائل فرانكلين وأيبينوس ، ونظرية السائلين التي قال بها سيمر Symmer وبرغمان Bergman . وكان موقفه متساهلاً بالحلز .

هذا ما ورد في مذكرته لسنة 1788 : « لما كان هذان التفسيران ليس فيها إلا درجة من الاحتمالية الكبيرة إلى حد ما ، انه إلى أي ، في حال افتراض وجود سائلين كهربائيين ، لم انزل إلا أن أقدم - مع أدنى ما يمكن من العناصر - نتائج الحساب والتجربة وليس الاشارة إلى الأسباب الحقيقية للكهرياء » .

وفي مكان آخر يقول : « ان افتراض م . آيبينوس M.A.Epinus (السائل الوحيد) يعطي ، فيما يتعلق بالحساب ، نفس نتائج فرضية السائلين . واني افضل فرضية السائلين ، التي سبق واقتصرها العديد من الفيزيائيين ، اذ من التناقض - كما يبدو لي - القول ، بأن واحد ، بوجود قوة جاذبية في الجسم الواحد ، تعادل عكس مربع المسافات ، قوة مثبتة بالجاذبية الكونية ، وبوجود قوة دفع تعادل نفس القوة المعاكسة لمربع المسافات » .

وعاد كولومب في اعماله الاخيرة (1789 - 1801) الى دراسة للمغناطيسية . وحاول في بادئ الامر في نظرية آينوس او نظرية السائلين المتعادلين ، ان يحسب « توزيع السائل المغناطيسي ، ضمن ابرة من فولاذ اسطوانية » .

فهو قد اضطر ، من اجل هذا ، الى اضافة « قوة ضاغطة تمنع السائل من السيلان من قسم من الابرة الى قسم آخر ، قوة يمكن ان نقارنها بالحقك » الى الجذب والدفع . وما تزال فكرة وكلمة « قوة ضاغطة » صالحتين حتى اليوم .

واخيراً ان تجارب المغناطيسيات المكسورة حملته على اقتراح نظرية الحلوبة في المغناطيسية : « اعتقد انه بالامكان التوفيق بين نتيجة التجارب ، وبين الحساب ، وذلك بادخال بعض التعديلات على الفرضيات ، وذلك مثلاً بافتراض - في نظام آينوس - ان السائل المغناطيسي موجود في كل خلية . . . وانه يمكن ان ينتقل فيه من طرف الى طرف ، مما يعطي لكل خلية قطبين ، ولكن هذا السائل لا يستطيع ان ينتقل من خلية الى خلية .

وهكذا نمجد بوضوح - رغم ان الكلمات المناسبة غير موجودة في مذكرته - مفهوم « المغنطة » او « الاستقطاب المغناطيسي » .

وهكذا اجتزنا مع فرانكلين ، وبصورة خاصة مع كافنديش وكولومب ، في مجال الكهرباء والمغناطيسية ، عتبة العلم الحديث . وهذا التطور متأخر ، بمدة قرن - عن تطور الميكانيك السماوي ، وعن ميكانيك الاجسام الصلبة والسوائل ، وعن قسم من البصريات . وهذا التأخر يفسر بالجدلة ثم بصعوبة التجارب . ان نيوتن لم يكتشف شيئاً جديداً لا في المغناطيسية ولا في الكهربائية .

ويعزى هذا التأخير أيضاً الى ترسخ الصور الميكانيكية الموروثة عن الأقدمين ، انها صور نوعية ، وهي كما اثبت ذلك كولومب صور خاطئة بشكل بين .

وفي القرن الثامن عشر اعتاد الفيزيائيون ان يستعملوا في كل المجالات « المقاسيل من بعيد » وفهموا ان المقاسيل التماسية بين الاجسام الصلبة ، التي هي اكثر اللفة بالنسبة لنا ، ليست ، في عقمها ، مفهومة بصورة اكثر مباشرة وآنية . وهذا ما دل عليه النص التالي من موشنبروك - Musschen-Brock (1739) .

« ورد اعتراض على نظام الجذب انه لا يمكن تصور تأثير جسمين احدهما على الآخر دون تماس متبادل بينهما . اني اوافق على هذا ايضاً . ولكني اعترف بلوري اني لا اعرف على الاطلاق اية فكرة عن المفعول المتبادل لاي جسم مهما كان . بالفعل ، يستحيل على الفكر البشري تصور ماهية فعل جسمين محمول احدهما تجاه الآخر ويتلامسان : لا توجد اية فكرة عن القوة التي تحركهما ، ولا تفهم كيفية انتقال هذه القوة من احدهما الى الآخر ، ولا كيفية حصول هذه القوة ، واخيراً كيف يمكن ان تتوقف هذه القوة عن العمل . ان في هذا سرّاً فوق طاقة فهمنا » .

وإذاً فقد نشأت الكهرباء الستاتية والمغناطيسية الستاتية قبل 1789، والقرن اللاحق لم يبق امامه الا استكمال الطرق التجريبية والحسابات النظرية .

وفىا بين 1791 و1800 اعتبر اكتشاف البطارية الكهربائية ، والكهرباء الديناميكية ، من قبل غالفاني Galvani وفولتا Volta ، حدثاً جديداً غير متوقع ، وثورة ، وتوقف عن استمرارية تاريخ العلم الذي لم تتطور نتائجه الا بعد اكتشاف التحليل الكهربائي (الكتروليز) ثم الكهرباء المغناطيسية .

ولهذا يبدو لنا انه من الافضل ربط هذا التاريخ بتاريخ القرن التاسع عشر الذي سوف نعالجه في المجلد الثالث، القسم الاول من هذا المؤلف .

الفصل الخامس :

نشأة الكيمياء الحديثة

I - كيمياء الغازات

1 - تقدم المعارف العامة

كان الاكتشاف الاهم في الفترة الممتدة من 1650 الى 1750 تقريباً ، هو اكتشاف وجود اجسام غازية متنوعة في الهواء الفضائي . وهذا الاكتشاف ادى الى قيام لافوازييه Lavoisier باعماله الكبيرة واول اصلاح كل النظام الكيميائي ورغم انه كان يكتفي زعزعة الكيمياء التقليدية فان هذا الاكتشاف ربما لم يكن يقدم الاساس الكافي لبناء النظام الجديد لو لم يكن هناك تقدم في المعرفة بالنسبة الى بنية الاجسام ، ويدات الوقت .

مهنة الكيميائي - حصل هذا التقدم على اثر المراقبات المصورة التي قام بها كيميائيو القرن 17 وبداية القرن 18 . لقد كانت ممارسة الكيمياء ما تزال يومئذ مهنة صعبة ، وفي اغلب الاحيان محقرة . وكان العمل في المختبر ، وصيانة النار في الافران ثم عمليات الطحن والغسل الخ . متعبة ووسخة . وكانت حروق اليدين والوجوه والثياب بالنار او بالمستحضرات الحارقة ، ثم الانتقال المتتالي من الحار الى البارد ، كل ذلك كان موضوع شكاوى الكيميائيين المتكررة حتى مطلع القرن 19 . ويعبر الكتاب عن مرارتهم اهم تعرضوا لسخرية اولئك الذين لم يفهموا الغاية من جهودهم . الا ان عدد الكيميائيين لم ينفك يتزايد بسبب الارياح المرتفعة غالباً والتي كان من الممكن تحصيلها في هذه المهنة .

فضلاً عن ذلك اصبح نشر نتائج الاعمال اكثر سهولة واكثر نشاطاً في اواخر القرن الـ 17 . وقد ساعدت هذه الظروف على تكاثر الاكتشافات .

واغلب هذه الاكتشافات تناولت المركبات العادية جداً ، والمستعملة منذ زمن بعيد ، الا ان تركيبتها الصحيح كان ما يزال غامضاً نوعاً ما . واخذت المواد القلوية تكتشف وكذلك المواد القلوية الترابية . وهناك معادن اخرى واشباه معادن قد اكتشفت والعديد من الاملاح المعدنية درست بصورة افضل .

معرفة المركبات القلوية والقلوية الترابية - هناك ملحان قلوويان - لهما دوراً كبيراً منذ مطلع القرن السابع عشر : سلفات الصودا وكلوريد البوتاس . وقد اشهر غلووير Glauber الاول تحت اسم الملح المدهش او الملح بوليكرست Polycreste . ووصف وسيلة لاعداده ، وفي سنة 1732 حدد كلود جوزيف جيوفروا Claude Joseph Geoffroy تركيبه . كما ان الفوائد المضمية في كلوريد البوتاس او

ملح سلفيوس ، كانت مقدرة جداً أيضاً ، ولكن لم يكن بالإمكان اكتشاف الفرق في التركيب الذي كان يميزه عن الملح العادي . وكان تحضير املاح البوتاس في حالة جيدة من النقاوة قد استكمل في القرن 17 من قبل غلازر Glaser ومن قبل تاكينوس Tachenius . وكانت معروفة باسم املاح التارتو Tartre . وكان التارترات المزدوج من الصودا والبوتاس قد أعد لأول مرة ، سنة 1672 ، من قبل سينيت Seignette فأخذ اسمه . ونشر اسلوب التحضير سنة 1731 ، بأن واحد من قبل ش. ج. جيوفروا C.J. Geoffroy ومن قبل بولدوك Boulduc .

وحضر اساس الملح البحري ، وهو الصودا ، لأول مرة سنة 1736 من قبل دوهايل Duhamel الذي فكك الزواج او النتر المقابل بواسطة الفحم . ويعد هذه الاعمال ، برز التمييز بين الصودا والبوتاس من قبل براندت Brandt سنة 1746 ، ثم اوضحه مارغراف Margraff الذي ميز بين املاحها بفضل الخبيبات واللون الاصفر او الاحمر الذي يأخذه لمب كل منها . وسمى مارغراف الصودا بالقلوي الثابت شبه المعدي والبوتاس ، القلوي الثابت النباتي .

وتوضحت طبيعة الكلس بنمهل اكبر . فقد اختلفت كثيراً الافكار حول تركيبه . فقد كان على العموم يصفى بين الاملاح . واكتشف تركيب الجبس سنة 1747 ، من قبل ماکر Macquer ، الذي تعرف على وجود الاسيد سلفوريك المتحد مع الكلس ، وثأكد ذلك سنة 1750 على يد مارغراف . وعملت بحوث بلاك Black حول تثبيت الغاز كاربونيك (ثاني اوكسيد الكربون) ، وتكون كربونات الكلس على اشاعة الفكرة منذ 1755 ، بان الكلس هو تربة قلوية .

وبذات الوقت ، عرفت طبيعة المغنيسيا . وقد مضى أقل من نصف قرن على إشاعة الصيادلة استعمال هذه البودرة المسماة المغنيسيا البيضاء ، معارضة المغنيسيا السوداء أو تربة الزجاجين (اوكسيد المانغنيز) المعروف منذ زمن بعيد . ويبدو أن المغنيسيا البيضاء قد حضرت أول الأمر في إيطاليا . وعرض الكيميائي الألماني فردريك هوفمان Friedrich سنة 1722 ، طريقة استخراجه من بعض المياه المعدنية . وتخصص بلاك في دراسة كاربونات المغنيسيا لكي يحسم نقاشاً طويلاً . فعرف ماهية المغنيسيا واكتشف الغاز كاربونيك .

في تلك الحقبة ، كان قد بدى معرفة بوجود مركبات الباريوم ، تحت مظهر « السبات الوزان » الذي كان يعتبر بمثابة سلفات الكالسيوم . وبين مارغراف ان تحليله لا يعطي الكلس ، بل ترسباً مختلفاً . في هذه الاثناء لم تعرف ماهية الباريت تماماً الا من قبل الكيميائيين من جيل شيلي Scheele .

ان التربة القلوية والقلويات الترابية ظلت لمدة طويلة تعتبر كأجسام بسيطة . وافر لافوازيه الشك حول هذا الموضوع .

اكتشاف معادن جديدة - بخلال القرن 18 اغتنى كاتالوغ المعادن بشكل مهم . كان الزنك معروفاً ومستخدماً منذ اقدم العصور باسم اللتون الذي كان يحضر بمزج الفحم بالكدميا او بالحجر

الكاليني المغشى بالنحاس . وكان الزنك معروفا بالحالة المعدنية الصافية ، اما باسم الفضة الكاذبة ، وهذا يدل على مقدار البلبلة التي كانت تحيط بطبيعته . ان كلمة زنك قد لمستمها سابقاً بإراسلس Paracelse ، ولكنها لم تستعمل بصورة شائعة الا في حوالي 1720 ، وعزف تحضيره بالتفكيك على الساخن ، للحجر الكاليني ثم استخلاص المعدن منه ، في اوروبا حوالي تلك الحقبة . وذكرت عدة اساليب من قبل المعدن السويدي مواب (1742) Swab ، والكيميائي الالمانى مارغراف (1746) الخ . وكان الزنك المستعمل في اوروبا حتى ذلك الحين يأتي بصورة رئيسية من الهند . واكتشفت طبيعة البلند Blende من قبل السويدي فونك Funck . اما صنع الزنك بشكل صناعي ، فلم يحصل في اوروبا الا في اواخر سنوات القرن الثامن عشر .

وقد ازيل الاجهام والغموض حول طبيعة الزموت في مذكرات هالوت (1737) Hellot و Pott (1739) وجيوفروا Geoffroy الصغير 1753 . وأتاحت مذكرة جيوفروا Geoffroy تحديد خصائصه بدقة .

واكتشف الكوبالت والنيكل بخلاف نفس الحقبة . والحقيقة ان مركباتها كانت تستعمل ايضاً منذ زمن بعيد ، وقد حولت الى حالة معدنية في حقبة بعيدة جداً . دون ان يستطاع تحديد ماهية المعدن .

وعزل الكوبالت سنة 1742 من قبل برنلت Brandt الذي اعطاه اسم شبه المعدن الذي استخلصه منه . واكتشف النيكل من قبل كيميائيين سويديين ، عبر تربة معدنية حمراء ، « الكنتفريكل » . ويعود الفضل في الدراسات الاساسية حول هذا الموضوع الى الكيميائي كرونستد Cronstedt (1751) و(1754) ، الذي وصف الخصائص الكيميائية والفيزيائية والريولوجية (أو النيكل المعدني) وعرف خصائصه المغناطيسية ، ولكنه عزاها الى وجود كمية صغيرة من الحديد . واستكملت معرفة النيكل بدراسات برغمان Bergman .

وأثار اكتشاف معدن جليل حاسم الكيميائيين من منتصف القرن 18 ذلك هو البلاتين . وقد عرفت منه بعض العينات في اوروبا حوالي 1740 . وكان بعضها مجلواً من جامايكا ، على يد برونريغ Brownrigg الذي قدمها الى الجمعية الملكية سنة 1750 . اما العينات الاخرى فجلبت من البيرو من قبل الرياضي الاسباني انتونيو فيلوا Antonio de Viloa . ونشرت اولى مذكرة حول البلاتين من قبل المحرر essayeur الانكليزي ، شارل وودد Charles Woodd سنة 1746 . وفي سنة 1758 ، اصدر وليام لويس William Lewis عملاً مهماً حول المعدن الجديد كان يسمى يومئذ البلاتين ، او الذهب الابيض أو المعدن الثامن . وبخلال هذه السنوات اهتم الكيميائيون في كل البلدان بالبلاتين ومن بينهم مارغراف ، وهامر ، وبومي ، وبرغمان . واستعمل لافوازييه المحرق Chaulmeau الابدروجيني لاول مرة ، وبواسطته استطاع تبين التركيب الصحيح للماء ، لتلويب البلاتين سنة 1783 . وبحوالي اواخر القرن استعمل البلاتين كمبركة مرايا التلسكوب ، ثم لمعايير النظام المتري .

وجعل المعارف في الكيمياء المعدنية استكمل بدراسات عدة حول الاملاح المعدنية . وهكذا عرف تركيب سولفات الحديد من قبل جيوفروا الكبير سنة 1728 ، اما تركيب الالونات Aluns فقد

عرف بسلسلة من الاعمال امتدت حتى شملت كامل القرن 18 تقريباً ، ومعظمها يعود الفضل فيه . عموماً الى جيوفروا ، ويوت ومارغراف ، وفيها بعد فوكلين . وفيها يتعلق باملاح الحديد ، تمكن الاشارة ايضاً الى اكتشاف ازرق بروسيا الحاصل في برلين على يد ديسباش Diesbach سنة 1710 ، على اثر سلسلة من الاحداث العارضة . واحتفظ بسر صناعة هذا اللون الذي عرف في الحال نجاحاً مدهشاً . حتى سنة 1724 . ونشرت عدة طرق في انكلترا ابتداء من هذا التاريخ ، ثم بين مارك Macquer سنة 1752 ان اللون يعزى الى تكون مركب حديدي ضمن وسط قلوي ، مع مادة مجهولة ، هو الاسيد برومي الذي اكتشفه شيلي Scheele سنة 1783 .

وتجيب الاشارة في اواخر القرن السابع عشر ، الى ظهور تحضير الاوكسيد الاحمر الزئبقي ، في الوصفات الكيميائية ، وذلك بواسطة تكليس المعدن . وهي عملية سوف تلعب فيما بعد دوراً كبيراً في تاريخ الكيمياء . فقد كانوا من قبل لا يعرفون كيف يحضرون الاوكسيد الحاصل من جراء تفكيك او ترسيب نيترات الزئبق . وقد اشار بغير Béguin الى الاسلوب عن طريق التنشيف ولكن غلازر Glaser لم يكن يعرف هذا الاسلوب على ما يبدو . ووصفه بويل Boyle وعرف ان الاوكسيد قابل للتفكيك بالحرارة . وتكلم اتمولر Ettmuller عن « الترسيب العجيب للزئبق بذاته » . وسمي هذا الاوكسيد « المترسب بذاته » .

الاسيد بوريك والفوسفور - واثارت حادثتان اخريان سلاسل طويلة من البحوث . وكان الاول ، سنة 1702 ، اكتشاف الاسيد بوريك من قبل هومبرغ Homberg الذي سماه الملح المخدر واستخرج الكيميائي الالماني هذا الاسيد الجديد من البوراكس الذي كان يستعمل منذ زمن بعيد ولكن تركيبه لم يكن بعد قد عرف . وقام على التوالي : لويس ليمري Louis Lémery ، وجيوفروا البكر ، ويوت ، وبارون Baron ، ببحوث حول هذا الجسم . وفي حوالي آخر القرن ، اكتشف الوجود الغزير للاسيد بوريك في مياه بعض البحيرات ، وثمن انتاجه بسهولة .

واثار اكتشاف الفوسفور الفضول مثل ما فعل البلاتين . واكتشفه يعود الى سنة 1669 ، وهي السنة التي نجح فيها طبيب من هامبورغ Hambourg ، براند Brand ، في اعداد مادة غامضة تلمع في الظلام ، ومن هنا اسم الفوسفور الذي اطلق عليها ، وذلك بواسطة اسلوب مجهول . ونجح الالماني ج. كونكل J. Kunkel . بعد عدة اسابيع في الحصول عليها وذلك بتكليس رسوب البول المتبخر . وعثر هومبرغ وبويل ، كل من جهته ، على الطريقة ، وتلت الاسماء المحضرة هكذا ، في البداية اسماء متنوعة : فوسفور كونكل ، وفوسفور انكلترا . وظل الفوسفور عجيبة مختبر مدة طويلة ، إلى ان اذاع شيلي اسلوب سحبه من العظام . وكان حرق الفوسفور احد اوائل اهتمامات ودراسة لافوازيه .

2 - إكتشاف الغازات

الى جانب هذه الأعمال ، التي عملت بصورة تلبريحية على تغيير كاتالوغ المركبات الكيميائية ، اشتهرت هذه الحقبة الخصبة جداً بصورة خاصة باكتشاف الاجسام الغازية . ومن اجل العثور على

اصلها تجب العودة الى منتصف القرن السابع عشر ، بل وإلى ابعد . وبالفعل ان مسألة مشاركة الهواء في مفاعيل الاحتراق وفي التنفس ، والذي اطلق مبعث هذه الاكتشافات ، قد بحثت بصورة خاصة من قبل الكيميائيين من جبل بويل ، ولكن كان قد مضى تقريباً حوالي قرن ونصف قرن قبل ان يشتهر بوجود الظاهرة الاساسية .

تزايد اوزان المعادن المتكلسة - كان من المعروف منذ زمن بعيد ان الرصاص والقصدير يزداد وزنها عندما يتكلسان في الهواء الطلق . والواقعة المذكورة في كتابات غاليلان Galien وذكرها العديد من مؤلفي القرون الوسطى . وفي القرن 16 بدأ الحديث عنها يتكاثر . وحاول سكاليجر Scaliger وكاردان Cardan ، وفاكس Fachs ، وليبافوس Libavius ، وسيزالينو Cesalpino اعطاءها تفسيراً يرتكز على وزن جزيئات النار المتعلقة بالمعدن . وقدم بيرنغوشيو Biringuccio سنة 1540 ، تفسيراً مختلفاً ، حين اعتبر ان النار تطرد الاقسام الاخف من المعدن الذي يصبح بالتالي اكثر وزناً مثل جسم الحيوان الميت الذي ذهبت منه الروح التي كانت تحمله طيلة حياته . وإلى ان تم العثور على الحل الصحيح ، دارت كل التفسيرات المقدمة حول هذين المذهبين .

ونشر الطبيب البريغوردي ، جان ري Jean Rey ، حول هذه المسألة ، سنة 1630 « تجارب » جرى الكلام حولها خلال فترة من الزمن ، ولكنها سرعان ما سقطت في النسيان . وتقوم اطروحة جان ري على ان زيادة الوزن تنأت عن قسم كثيف من الهواء يعلق على المعدن . وقد جعلت هذه الاقسام الثقيل لان الهواء تحت تأثير النار ، فقد عناصره الاخف . وبشكل آخر ، ان تفسيره يتصل بتفسير بيرنغوشيو . ولم يقدم ري ملاحظات خاصة . بل استمد استنتاجاته من التحليلات الدباليكتيكية . وهكذا نرى كم هو غير صحيح الزعم الرامي الى جعله طليعة لافوازيه ، وهو تأكيد موجود في كل الكتابات منذ القرن 18 حتى ايامنا .

وفي نفس الحقبة تقع اعمال فان هلمونت Helmont الذي جرى الكلام عنها في فصل سابق . فكلمة « غاز » في نظره لا تمثل سائلاً هوائياً الشكل بقدر ما تمثل « روحاً » بالمعنى التقليدي للكلمة ، والذي يتجلى بمفاعيل فيزيائية وفيزيولوجية . ولاحظ فان هلمونت انه (اي الغاز) يظهر في اشتعال الفحم ، وفي انفجار البارود وفي التخمر ، وفي حرق بعض الاملاح بالاسيد . وعزا اليه الاختناق في براميل الخمر وفي المغاور . وربما كان فان هلمونت الاول الذي اشار الى انه لو وضعنا شمعداناً تحت جرس مغلق فوق وعاء ماء وبعد انطفاء اللهب فان حجم الهواء المحبوس يتنزل .

ولفت اختراع المضخة الهوائية من قبل اوتوغيريك Otto de Guericke الانتباه الى خصائص الهواء ، وفتح تياراً واسعاً من الاعمال سوف يؤدي الى نتائج مهمة جداً في الفيزياء والكيمياء ، وبصورة خاصة الى اكتشاف الغازات . اذ ساعد استعمال المضخة المصنعة للهواء ان ينشأ تقنية استخدامها .

نظريات بويل Boyle ، وهوك Hooke ، ومايو Mayow - زيادة على القانون الفيزيائي

للغازات عرّفت اعمال العالم الانكليزي الكبير بالوسيلة التي تمكن من جمع الغازات في وعاء مملوء بالماء ومقلوب . وجمع بويل الغاز الذي يتصاعد من حرق الحديد بالاسيد سيلفوريك المميع ، ولكنه لم يكشف هوية الهيدروجين . وبواسطة المضخة الهوائية استطاع تحديد تأثير الهواء في الاحتراق ، حين لاحظ ان ندرة الهواء تطفىء النار ، وان عوداً من الخشب في حالة الانطفاء يستعيد اللهب عندما يدخل الهواء الجديد الى الوعاء . واجرى نفس الملاحظة في تنفس الطيور والفار . وهكذا تعرف الى قسم من الهواء فقط يمتص بالاشتعال او بالتنفس ، واستنتج من ذلك وجود شيء ما في الهواء يغذي في آن واحد التنفس والاحتراق او النار والحياة . وبعده عبر روبر هوك Robert Hooke ، وجون مايو John Mayow ، عن نفس الفكرة مطلقين على هذا المبدأ اسم « نيتّر الهواء » وكان بويل اقل حظاً في تجاربه حول تكلس المعادن في اناء مغفل . وقد اجري تجاربه بمهارة كبيرة وبناية اكبر ، فوزن المادة قبل وبعد التكلس ، وتحقق بالتجربة بدون معدن ان وزن الوعاء لم يتغير اثناء العملية . ولكنه لم يفكر في وزن الوعاء المحتوم الذي يتضمن المعدن قبل تكلسه وبعده . فلم يستطع التعرف ان وزن المجموع لم يتغير وان زيادة المعدن المتكلس تتعلق فقط بامتصاص هذا المعدن المتكلس لقسم من الهواء المحبوس في الوعاء . وهكذا اقترب من الاكتشاف الذي سوف يجريه لافوازييه بعد قرن من الزمن . واكتفى بويل بتفسير صيغ قبله بفترة طويلة : ان زيادة وزن المعدن المتكلس تعود الى تعلق جزيئات من النار التي تخترق الغشاء الخارجى للاتناء .

واعملت نظرية هوك ، التي صيغت بذات الوقت ، النيتّر الهوائى ، او بصورة ادق مادة وشبيهة ان لم تكن هي نفسها ، شبيهة بالمادة التي تعلق بملح البارود، كملوب لكل الاحتراقات، وتقرب نظرية مايو من نظرية بويل ، ولكن مايو اكثر دقة ووضوحاً وأكثر جزماً . إذ قال في تفسير التنفس بواسطة هذه المادة (او هذا المبدأ) المخلوطة بالهواء ، انها يمتصها الدم الذي بفضلها يتحول من دم وريدي الى دم شرياني . وفي ما خص التكلس والاحتراق ، تطلع ايضا الى تفاعل حقيقي بين جزيئات النيتّر الهوائى والانتيموان (الذي كان موضوع تجربيته) او اللهب ، فلذا حرم الهواء من هذه الجزيئات لم يعد فيه قوة الحرق .

استخدام الغازات : مايو Mayow وهال Hales - كان مايو الكيميائي الأكثر دقة حول هذا الموضوع ، وضمن حالة الافكار العامة في زمنه حول المادة ، بدا الاكثر وضوح رؤية . وقد كان له ايضاً الفضل في انشاء تقنية حقيقية حول استعمال الغازات ، مستخدماً طاسة الماء والانياب المحنية لنقل الغازات من وعاء الى وعاء ، كما اوجد واستكمل الوسائل المختلفة لحرق المواد او لبعث التفاعلات في انابيب التجربة المقلوبة .

وقضى مايو Mayow شاباً وسقط كتاباه بسرعة في النسيان . واستدعت هذه المسائل التي شغلت بشكل خاص الكيميائيين الانكليز ، الاهتمام القليل لدى خلفائهم . ولم تناقش النظريات التي صيغت . انها لم تكن تحوز على الاطلاق رضى اي احد ، ولكن فضلاً عن ذلك ، كانت صعبة الخروج من هذا المأزق تشي الكيميائيين وتببط همتهم . الا ان اساليب مايو لم تنس تماماً ولم تضع . فقد

بقي لنا منها مثلاً كتاب صغير نشر سنة 1719 من قبل فيزيائي غير مشهور هو مواترل ديليمون Moitre d'Element وفيه يصف الاستعمالات المشابهة . وستيفن هال (1677 - 1761) هو الذي عرف حقاً بالاجهزة وبالطرق الكفيلة بجمع الغازات .

واجرى هال تجارب عديدة حول تنفس "نباتات وحول التخمرات وحول كل التفاعلات الكيميائية التي تصاعد غازاً . وارسل ملاحظاته الى الجمعية الملكية . ونشر بمجل اعماله سنة 1727 تحت عنوان « فيجيتابل ستاتيك » . ونجح كتابه نجاحاً كبيراً . وترجم الى الفرنسية من قبل بوفون Buffon سنة 1735 وقرأه كل علماء القرن الـ 18 . وعلم فيه اساليب التعامل مع الغازات . وسنداً لادوصاف تجاربه ، من المؤكد ان هال قد حضر واستحصل على كل الغازات تقريباً التي كانت معروفة بخلاف الخمسين سنة التي تلت . الا انه لم يجد ماهية اي منها او يصفه . وتوقف تقريباً عند النظرية التقليدية التي تقول بان الغازات المجمعة في ظروف مختلفة ليست الا هواءاً افسدته مواد متنوعة . واذا كان قد عرف بان الهواء يلعب دوراً في التنفس فان التفسير الذي يقدمه عن الظاهرات ، هو اقل تقدماً من تفسيرات الانكليز من الجيل السابق . وقد افترض ان الهواء يفقد مرونته ويصبح غير صالح لتنفس الرئتين .

هل امحق السائل الناري اكتشاف الغازات ؟ - ظل الكيميائيون لمدة طويلة غير قادرين على تفسير الظاهرات التي يلاحظونها تفسيراً معقولاً . وقد عزى في الغالب الى نظرية السائل الناري هذا النوع من المقم امام مسائل الغازات . والحققة ان شيئاً من هذا لم يكن . لا شك ان نظرية ستاهل Stahl قد بلورت وقتت ضمن صيغة حديثة بجمالاً من المفاهيم التقليدية ، وساعدت على استمرار حالة ذهنية لم تساهم هي في انشائها . ولكن ، حتى ولو لم يكن للسائل الناري اي نجاح ، كان له في السابق ، فان المفاهيم التقليدية لم تصب بأي نظام آخر بديل كما اصبحت به . وكانت سيادة السائل الناري قد طالت دون ان يعارضها اي نظام آخر .

وقد انهارت مملكة السائل الناري منذ ان استطاع لافوازيه فتح باب المناقشة لصالح نظريته الخاصة . واذا كان الصراع عنيفاً فهو لم يطل : 10 سنوات فقط . والتأثير السيء للسائل الناري على تقدم الكيمياء ليس الا خرافة . فهذه النظرية بصورة خاصة لم تؤثر على الاطلاق اكتشاف الغازات ، اكتشافاً تم على يد الفاعلين بالسائل الناري المقتنعين .

الهواء الثابت ، لم تكن مسألة دور الهواء في الاحتراق او في التنفس هي التي ادت الى النتائج الاولى الالمانية ، في هذا المجال ، بل مسألة تكون غاز الكربون وثيبته . لقد تطورت دراسة الياام الطبيعية طيلة النصف الاول من القرن الثامن عشر . وقد استطاع فينيل Venel الذي نشر عدة مذكرات حول هذا الموضوع ، ان يحصل على الغاز الكربوني دون ان يعرّفه . ويعزى هذا الاكتشاف الى الكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك Joseph Black . وقد أضفى بلاك على الكربونات القلوية ملاحظاته التي اجراها حوالي 1755 على كربونات المنغنيز والكلس وحدد الظروف التي ينشأ فيها الغاز الكربوني : مفعول النار ، ومفعول الاسيدات . وعرف ان هذا الغاز مستوعب بالمحلولات

القلوية ، وانه يرسب ماء الكلس ، ويحرقه من قوته الحارقة . وبسبب اساليب تحضيره ، سمي هذا الغاز بالهواء الثابت⁽¹⁾ .

وتفوق بلاك على سابقيه بدقة وصحة ملاحظاته ثم بتأكيده ان الهواء الثابت هو جسم يختلف عن الهواء الفضائي . وقلب هذا المفهوم الافكار المستقرة . ورغم رفض العناصر الارسطية منذ قرنين ، فقد ظلت تحتل مكانة ممتازة في عقول الكيميائيين . ولم تعد تعتبر تقريباً كمبادئ مكونة للمادة ؛ والنار لم تعد تحتفظ الا بصفة جسمانية غير معترف بها . واذا كانت الارض قد فقدت واحديتها ، فان الامر لم يكن كذلك بالنسبة الى الهواء والماء . وقامت المناقشات الحامية حول نظرية بلاك . لقد درس الكيميائي الايطالي « دي سالوس de Saluces » غازات بارود المدافع قبل ان يعلن بلاك عن اعماله بقليل . وبعد عدة سنوات اعترف الاسكتلندي ماكبريد Macbride أن الهواء المتصاعد أثناء التخميرات هو هواء ثابت⁽²⁾ .

وناقضت نظرية ملائمة للتصورات التقليدية نظرية بلاك ، وكان القائم بهذا صيدلي من أوسنا برك Osna Brük ، فردريك ميرير Friedrich Meyer ، الذي أوجد لهذه الغاية كائناً جديداً ، قريباً من (الفلوجيستيك) أو السائل الناري هو « الاسيد البنغي » . هذا الاسيد ، الذي تمتصه كاربونات الكلس أثناء تكلسها ، يحولها إلى كلس حي . فإذا انفصل (الاسيد) عن الكلس ، تسبب بتحوله إلى كاربونات . ونشرت نظرية ميرير سنة 1764 ، فحاربها أستاذ من فيينا ، جاكين Jacquin . وإن هي وجدت من يدافع عنها ، وخاصة في ألمانيا ، فإنها لم تكن إلا ذريعة نقاش . استعملها الخصوم المزمعون للهزات .

الهواء القابل للاشتعال : في حين كان هذا النقاش يتتالي ، عرف هنري كافنديش Henry Cavendish الميدروجين سنة 1765 . والهيدروجين ، كما هو حال الغاز الكاربوني ، قد سبق وحُضر كثيراً .

وكان من المعروف بشكل خاص أن حرق الحديد بالاسيد الكبريتي ، المجمع يتسبب في تشكيل هواء . وافر كافنديش بوضوح خاصيته الاحتراقية والانفجارية عندما ينتزج بالهواء الفضائي ، وسماه بالهواء القابل للاحتراق . وحدد ذوبانيته ، كما عمل ، بخلاف السنوات اللاحقة ، على تحديد الثقل النوعي وذوبانية الغاز الكاربوني . وكان هذا الاكتشاف الجديد سبباً في مناقشات أخرى ؛ فقد كانت هناك عدة هوامات قابلة للالتهاب معروفة : منها التي تتصاعد من تقطيريات النباتات ، ثم الهواء الذي يتصاعد من صب الاسيد الكلوريدري على الزنك . ومع ذلك ظل هناك نوع من الالتباس والغموض يسود ، وللمرة ، موضوعها .

(1) إن كلمة غاز التي استعملها فان هلمونت Van Helmont لم تشع في الإستعمال . وكل الغازات التي اكتشفت بعد بلاك ، سميت أولاً « الهوامات » . وماكر هو الذي أشاع استعمال كلمة غاز باللغة الحديث في قاموسه الكيميائي المنشور سنة 1766 .

وحقق كافنديش أيضاً تقدماً كبيراً ، بالتحكم بالغازات عن طريق ادخال طاسة الزئبق التي أتاحت للكيميائيين أن يحصلوا على الغازات القابلة للوئان في الماء والتي ظلت لفترة تفوتهم .

اكتشافات برستلي Priestley : لقد استيقظ فضول جوزف برستلي (1733-1804) نحو الكيمياء في ذلك الحين . وهذا الحدث طبع بعمق تاريخ الكيمياء . لقد اهتم اللاهوتي الانكليزي، بالفيزياء ، ووجود معمل للبيرة قرب منزله دفعه الى العودة الى دراسة الغاز الكاربوني . كان برستلي يمتلك موهبات المجرب والملاحظ ،التي أتاحت له بسرعة اكتشاف عدة غازات جديدة بوسائل متواضعة نسبياً . وبدا ، بفضل أهمية اكتشافاته كأكبر الكيميائيين في تلك الحقبة . إلا أنه لم يكن يمتلك عقلية علمية حقة .

لقد كان مدفوعاً بالهام أكيد ، فكان يجرب بمهارة ، إنما ، بحسب الصدفه تقريباً ، « لبري » ما هي نتائج التجربة . ولم يتم إلا « بالهواءات » . ولم يمر اذن الاهتمام للمردودات التي يمكن لاكتشافاته الخاصة أن تحدثها في النظرية الكيميائية . وكان مقتنعاً بفخامة نظرية ستاهل Stahl ، وظل نصيراً لها لا ينثي .

ولم يدم ولعه بالهواءات إلا حوالى عشر سنين . ورغم استمراره في العناية بمختبره ، ورغم متابعته باهتمام التغيرات في الكيمياء ، مناقضاً لأفكار لافوازييه Lavoisier ، إلا أنه قلباً كرس نفسه للبحث الكيميائي بعد سنة 1777 ، وهناك مزية أخرى من مزاي برستلي ، وهو عجلته في التعريف بملاحظاته . فمند آذار 1772 ، قدمها للجمعية الملكية ، ثم نشرها في سنة مجلدات صدرت سنة 1774 و1777 تحت عنوان : « تجارب وملاحظات حول مختلف أنواع الهواء » .

بأشر برستلي أولاً في التجارب حول الهواء الثابت، والتي نفذت قبله ونشر في سنة 1771 كتاباً صغيراً حول تحضير « ماء ملتر » . وأدت به هذه الأعمال الى ملاحظة مفاعيل الغاز على التنفس وعلى الاحتراق وكانت نقطة انطلاق السلسلة الرائعة من البحوث التي كانت خاتمتها اكتشاف الاوكسجين .

وبعد أن عرف أن التنفس والاحتراق لا يحصلان في هواء فاسد ، حاول أن يوضح كل الظروف التي تفسد الهواء . وفي سنة 1772 جمع بصورة متتابعة الهواء الآسيد (الاسيد كلوريندي الغازي) والهواء النيتري (بيواوكسيد دازوت) ، وكان هذا الأخير يحصل بفعل الاسيد نيتريك على النحاس أو الزئبق ؛ وفي سنة 1772 ، حصل على الهواء النيتري غير الناري (برتروكسيد دازوت) وعرفه بخاصيته المساعدة على الحريق . واكتشف أن الهواء النيتري اذا وضع مع كمية من الهواء الفضائي الموزونة فهو يحدث نقصاً في الحجم ، وهذا لا يحدث مع بقية الغازات المعروفة . وهذا التفاعل المهم استخدم بعد هذه الحقبة لاكتشاف وجود الاوكسجين وتقديره في الخلاط الغازية .

إلا أن وجود الاوكسجين كان ما يزال مجهولاً ، وظل الهواء الفضائي في نظر الجميع جسماً بسيطاً . وحكاية هذا الاكتشاف هي إحدى أهم المراحل في تاريخ الكيمياء ، ومع اكتشاف تركيب الماء ، يُعتبر هذا الاكتشاف واحداً من الاكتشافات التي أثارت الكثير من المناقشات المفضلة . وقد

جرت مناقشات طويلة لمعركة من الذي اكتشف الاوكسجين برستلي أم لافوازيه . وهذا الأخير لم ينكر أبداً أن زميله الانكليزي كان له الفضل الأكبر في هذه القضية . ولقهم كيفية حصول الاكتشاف يتوجب في البداية تتبع تسلسل الاحداث .

الاعمال الاولى التي قام بها لافوازيه Lavoisier حول الاكسدة : بدأ لافوازيه حوالي 1771 بتم بدور الهواء الفضائي في تفاعلات التأكسد : احتراق الماس ، ثم احتراق الكبريت والفسفور . وبعد نهاية سنة 1772 ، حصلت عنده القناعة بأن الكبريت والفسفور يحترقان بامتصاص الهواء . وفي السنة التالية ، أجرى العديد من التجارب حول تكلس المعادن : الزنك ، التوتيا ، الرصاص ، وحول تحول اوكسيداتهما . وعاد إلى موضوع مبحث منذ زمن بعيد فبحثه بشكل منهجي ، مكرراً كل ملاحظات الكيميائيين الذين سبقوه وجدد فيها . وفي مطلع 1774 نشر بمجل المذكرات التي قرأها أمام أكاديمية العلوم ، تحت عنوان : وسائل فيزيائية وكيميائية . كان يعرف أن الهواء الفضائي يعلق على المعادن عند تكلسها ، ولكنه لم يتوصل إلى تحصيل وتحديد ماهية هذا الجزء . وكان خراجاً من فكرة أن هذا الهواء المجهول هو الغاز الثابت ، الذي كان يظنه منبثقاً من الاوكسيدات المتفككة بفعل الحرارة ، كما يتصاعد من الكربونات .

حكاية الاوكسجين - هذا الحدث ولّد المنازعات الأكثر جدية بين المؤرخين (مؤرخي الكيمياء) . لا شك أن الاوكسجين قد نتج عرضاً ، على يد العديد من الكيميائيين الذين جهلوا وجوده قبل أن تتحدد ماهيته بصورة نهائية . ودراسة أعمال شيلي Scheele من قبل المؤرخين السويديين أتاحت هؤلاء أن يشاكّدوا أن مواطنهم قد حضر قبل 1773 غازاً عرف فيما بعد بأنه الاوكسجين . ولكن نتائج شيلي لم تنشر إلا في سنة 1777 ، ولم تنشر أية معلومات عنها ، من خلال المراسلات قبل هذا التاريخ .

لا منازع في أن برستلي هو الاحق بأن تعزى اليه أولى الطرق الملعنة ، التي أدت الى اكتشاف وتحديد ماهية الاوكسجين . فقد لاحظ في أول آب 1774 ، أن اوكسيد المركور (الزئبق) المسمى « المتربسب بذاته » قد تصاعد منه ، عندما يجمّى ، هواء غير معروف يمتلك خاصية تضيريم الاشتعال . وظن أنه أمام بروتوكسيد دازوت ، وكان يعرفه منذ أقل من سنة . وخلال إقامة له في باريس بخلل تشرين الأول 1774 تحدث الى لافوازيه عن أعماله ، وأسر له عن تجاربه حول اوكسيد الزئبق وحول المنيوم (اوكسيد الرصاص) .

ولم يستعد الكيميائي الفرنسي ، في الحال ، تجارب برستلي ؛ وإذا كان قد أجرى في شهر تشرين الثاني تجارب حول اوكسيد الزئبق الاحمر ، فإنه لم يستخلص منه أية نتيجة . لقد كان فكره مشغولاً بتحرير مذكرة مهمة جداً حول تكلس القصدير في إناء مقفل ، وحول سبب تزايد أوزان المعدن ، ليقدم هذه المذكرة في 12 تشرين الثاني سنة 1774 الى أكاديمية العلوم . وكرر لافوازيه التجربة التي أجراها بويل حول هذا الموضوع ، وكان أكثر إلماماً وإسطلاعاً من العالم الانكليزي فاستطاع أن يبين أن زيادة الوزن تعود الى تعلق الهواء الموجود في الوعاء المقفل لا إلى تثبت جزيئات النار . وهكذا استطاع

لافوازيه أن يعزل الأوزون ، وكان يسميه المادة « الترسبية » ، كما حاول أن يحدد خصائصه الكيميائية .
 وابتداءً من شباط 1775 عاد الى تجاربه حول الأكسيد الأحمر الزئبقي . وبذات الوقت كان الكيميائيان ، الانكليزي والفرنسي يجران نفس الملاحظات . وفي 8 آذار لاحظ برستلي Priestley أن الأوكسجين (وكان يسميه الهواء الناري) يغذي التنفس ، وأرسل هذه الملاحظة الى الجمعية الملكية . وفي 25 أيار من نفس السنة أجرى لافوازيه بشكل مستقل نفس التجربة ، بعد برستلي .

والواقع أن الموضوع كان مطروحاً على بساط البحث وكان هناك كيميائيون مشغولون بتجارب من نفس النوع . في فرنسا درس الصيدلي العسكري باين ترسبات أوكسيد الزئبق من محاليل املاحه ، ثم فككها بالحرارة دون أن يفترض أنها تعطي غازاً مجهولاً . وفي السويد كان شيلي ، وهو معزول تقريباً عن عالم العلم ، يقوم بنفس الابحاث . وقد حضر الأوكسجين انطلاقاً من أكسيد المنغنيز ، وتوصل الى نفس نتائج لافوازيه وبرستلي في مطلع عام 1775 .

أعمال شيلي Scheele حول الهواء - كان وليم شيلي (1742-1786) صيدلاناً في سنكهولم . ولم يكن بحوزته الا أدوات بسيطة للعمل . واضطر الى تكريس معظم وقته لهيئته . وتضعه الصدف على علاقة مع برغمان Bergman . وعرف في الاوساط العلمية السويدية ابتداء من 1770 ولكن أعماله لم تصل الى البلدان الاخرى إلا ابتداء من 1777 . وقد اكتشف أن الهواء يتألف من غازين أحدهما لا يتألف إطلاقاً مع « السائل الناري » في حين الآخر كان يجتذب هذا « السائل الناري » . وتعرف على وجود الأوكسجين بجعل الكبريت والفسفور يمتصانه . وكان تحديد خصائصه صحيحاً ولكن التفسير الذي قدمه لم يكن ليفيد في تقدم النظرية الكيميائية . وسمى الأوكسجين « هواء النار » ، وجعل منه ، مع السائل الناري مركباً للحرارة وللضوء . والواقع أن كتابه الكبير « بحث كيميائي في الهواء والنار » لم ينشر باللغة الالمانية إلا سنة 1777 وترجم الى الفرنسية سنة 1781 . ولم يساهم في حركة الافكار التي كانت يومئذ تخص الكيميائيين .

إلا أن ما قدمه شيلي لتقدم الكيمياء يبقى ضخماً ، ليس فقط من خلال أعماله حول الأوكسجين ، بل بعدد كبير جداً من الاكتشافات المهمة التي سوف تعود إليها .

تأويل خصائص الأوكسجين - لم يكتمل تاريخ الأوكسجين فعلاً إلا بحوالى 1785 . ولكنه بعد 1775 ، كان الاسامي منه قد حصل . كان برستلي أول من تعرف على دور الهواء « غير الناري » في تنفس النباتات . وتضمنت مذكراته ومذكرات لافوازيه وصفاً شبه كامل للأوكسجين وللأوزون . إلا أن لافوازيه وحده كانت لديه رؤية صحيحة حول طبيعتها . فبالنسبة الى برستلي وغيره من الكيميائيين في تلك الحقبة ظل الهواء الفضائي جسماً بسيطاً . والأوكسجين ، بحكم الحصول عليه عن طريق تسخين اكسيدات الزئبق والرصاص لم يكن إلا هواءً فضائياً قد تركه سائله الناري ليتقل الى هذه الاكسيدات ومن هنا قيل عنه أنه هواء غير سائلي والأوزون (وهو هواء مسيل نارياً) كان القسم من الهواء الفضائي الذي لا يمكنه الانفصال عن السائل الناري . وبقي الناس عند هذه المفاهيم

التقليدية . وكانت هذه المفاهيم تثقل بكل وزنها التفسيرات للظواهرات الكيميائية الأخرى كما كانت تؤثر في شرح طبيعة كل الاجسام المكتشفة من جديد .

وأطلق لافوازيه على الاوكسجين اسم الهواء الحيوي ، وسمى الازوت باسم المادة الترسية . وفي سنة 1776 اجبرى التجربة الشهيرة وبخلالها امتص الاوكسجين من حجم معين من الهواء ، عن طريق الاحماء المستديم للزئبق ، ثم بعدها مرر هذا الاوكسجين بتفكيك الاكسيد المتكون ، ثم أعاد تكوين الهواء الفضائي .

وبهذه المرحلة التي تتابعت فيها وترافقت أعمال العديد من كبار الكيميائيين بحيث كمل بعضهم بعضاً ، هذه المرحلة توضح تماماً معنى كلمة اكتشاف بالكيمياء . فهذا الاكتشاف قد حصل خلال عدة مراحل ، إذ لا يكفي عزل جسم ما حتى يقال بأن الفاعل قد اكتشفه . بل يتوجب أيضاً تحديد ماهيته بالتعرف على خصائصه الفيزيائية والكيميائية وبالتالي التعرف على طبيعته الحقة . ونادراً ما كان اكتشاف مهم من فعل عالم واحد . وفي ما يخص اكتشاف الاوكسجين من المسموح به الظن بأن برستلي ولافوازيه قد شاركوا فيه بحصص متساوية .

3- تحولات النظام الكيميائي

انطوان لوران لافوازيه - Antoine Laurent Lavoisier - دخل لافوازيه ، بأعماله حول تركيب الهواء الفضائي ، في المرحلة الناشطة من أبحاثه . كان عمره يومئذ ثلاثاً وثلاثين سنة ، لأنه ولد في 26 آب سنة 1743 .

وبعد دراسته للحقوق دخل الى ادارة « المزرعة العامة » حيث تلقى مساهمة مالية . وفي سنة 1768 ، تزوج من ابنة مدير شركة الهند ، المزارع العام ، وكان اسمها ماري آن بولز Marie-Anne Paulze ، وعمرها ثلاث عشرة سنة ، وتبين أنه اداري كبير ، وساهم بدور كبير جداً في إدارة « المزرعة » . وفي 1775 عينه تورغو Turgot قائماً عاماً على البارود والتترات . وبفضل الاصلاحات التقنية التي أدخلها على هذه الإدارة حصلت جيوش الثورة فيما بعد على البارود الجيد . وكان ينتمي الى هذا القسم من البورجوازية الكبيرة التي استقبلت بحجة وتعاطف التغييرات الاولى التي أدخلتها الثورة . وساهم في الحركة السياسية دون أن يحتل مركزاً مهماً . كان من أنصار الملكية الدستورية ، ولذا ترك بصورة كاملة الشؤون العامة ، عندما بدأ الصراع بين الرأي العام والملكية يتكون . ولكنه شارك الى حين اعتقاله ، في نشاط العديد من الأجهزة الرسمية ذات الصلة التقنية والعلمية . وقد أولت بشكل مختلف جداً ، عملية توقيفه وإعدامه مع القيميين العامين زملائه في 8 أيار 1794 ، إن إعدامه هو عمل ثوري لم يكن ليؤثر فيه كونه كيميائياً ، لا سلباً ولا إيجاباً . ومن أجل القضاء على بعض الاساطير الراسخة يجب التذكير أنه لم يتح له ان يطلب الامهال حتى يتابع أعماله ، وإن الجملة التي شاعت كثيراً « أن الثورة ليست بحاجة الى العلماء » والتي نسبت الى رئيس المحكمة لم تلتفت .

لقد شمل نشاط لافوازيه العلمي مجالات متنوعة ، ولكنها كلها ذات علاقة بالكيمياء . وبعد أن إهتم بالجيولوجيا ، يبدو وكأنه ربما تصور باكراً ، حوالى 1770 ، إخراج الكيمياء من المازق الذي كانت مجمدة فيه . فقد قرأ كل ما كتب ، وإهتم بشكل خاص في المراحل الأولى من إكتشاف الغازات . ويدت له مساهمة الهواء ببعض التفاعلات الكيماوية المشكلة الأهم التي يجب حلها . ولكنه توقع ، فضلاً عن ذلك ، أن هذه الكيمياء الجديدة ، التي كانت تبنى يومئذ ، كيمياء الغازات ، كانت ذات شأن في أحداث الانقلابات الكبرى في نظرية المعارف وتفسيرها .

كتب على احد دفاتره المختبرية برنامج عمل مستوحى من المهام رائع ومن وضوح في الرؤية عجيب ربما يعود الى 20 شباط 1773⁽¹⁾ .

التجريبي - الشيء الذي يميز لافوازيه عن معاصريه ، هو موقفه من الافكار المقبولة ، وبصورة خاصة نظرية « السائل الناري » (فلوجستيك) ، وحرية فكره أمام مسألة الطبيعة . إذ يبدو ، بهذا الشأن ، أنه التجسيد الأكثر كمالاً للباحث الديكارتي ، كما عرّفه فيلسوف في القرن 17 ، وبالشكل الذي ربما لم يعرض بعد .

ولكن رفض كل شيء لم يثبت بالتجربة يتطلب أيضاً هذه المسلمة وهي أن تكون التجربة قد جرت في ظروف بحيث تكون نتائجها غير قابلة للنقاش . وكان هذا صفة أخرى من صفاته الرئيسية في تصور وتنفيذ مثل هذه التجارب .

ومنذ بداية عمله العلمي ، بعد 1768 تفحص مسألة تحويل الماء الى ارض . فمنذ زمن بعيد ، كان من المقبول ، (بويل قد أثبت ذلك على ما يبدو) أن الماء اذا حي في إناء تحول الى تربة ، ولو بقسم يسير . وأجرى لافوازيه التجربة ، وبفضل طريقة دقيقة في الوزن ، بين أن البقية الترابية تتأى من الإناء وليس من الماء . وبنفس الحقة قدم شيلي نفس الإثبات إنما بطريقة كيميائية ، وذلك عندما عثر من خلال التحليل في الترسب الترابي ، على مكونات الزجاج . كما أن تجاربه ، (اي لافوازيه) حول تكلس القصدير أتاحت تصحيح نتيجة خاطئة توصل إليها بويل ، وذلك عندما بين أن زيادة وزن المعدن تأتي من الهواء لا من النار .

وأتاح له موقفه غير المنحاز وطريقته ، بسرعة معرفة عدم الحاجة الى الاستعانة بكائنات افتراضية لتفسير التفاعلات الكيميائية . في بادئ الامر اكتفى بالسكوت على مبدأ ستاهل . ولكن سرعان ما لوحظ الأمر ، فازدحج الكيميائيين المتحمسين المحنكين . وفهم لافوازيه قوة الافكار المترسخة التي كانت تبقى على السائل الناري . لقد شعر بدون شك أنه لا يكفيه تجاهل هذا السائل بل عليه أن

(1) التاريخ الذي دونه لافوازيه هو « 20 شباط 1772 » . ولكن براهين متنوعة بدت وكأنها تثبت أن هناك

خطأ بسنة (راجع هـ . غرلاك H. Guertac ، في « صحيفة تاريخ الطب » ، XII ، V ، 1957) .

بجاريه . ومع ذلك فقد التزم جانب الحذر الواعي قبل أن يعلن قناعته وقبل أن يحصل على البراهين القاطعة⁽¹⁾ .

تكوين الاسيدات ونظرية الغازات - لم يكن اكتشاف مكونات الهواء كافياً يومئذٍ من أجل وضع نظرية أكثر اقناعاً من النظرية السائدة . إن دور الاوكسجين في الاحتراق وفي التنفس كان يُفسر من قبل كل الكيميائيين الآخرين ، عن طريق الاستعانة بالسائل الناري . وبعد سلسلة من الأعمال ، الموضوعية سنداً لمنطق مدهش ، نقلت بين 1775 و 1777 ، درس لافوازيه تركيب الاسيدات اي الحوامض . وبيّن أن تحول المعادن إلى كلس ، وتحول أشباه المعادن (التي لم يكن اسمها الخاص معروفاً بعد) إلى أسيدات ، هذا التحول يُعزى إلى امتزاج الجسم المحروق بالاوكسجين ، وإن الاملاح كانت مكونة باجتماع هذين المستحضرين بفعل الاحتراق . وبخلال الحقبة نفسها ، شرع في وضع نظرية حول الغازات أوضحها في السنوات التالية .

وهذه النظرية تدخل مبدأ الحرارة ، وقد سماها « السُعرية » (كالوري) . وكما هو الحال بالكهرباء والضوء اعتبرت السُعرية بالنسبة إلى لافوازيه عنصراً أساسياً في الطبيعة . وعندما وضع مع غيتون دي مورفو Guyton de Morveau جدول المواد الحديث جعل الاسيدات في طليعة العناصر البسيطة . أما الغازات فكانت مركبة برأيه من أجسام مُتحدة بكمية كبيرة من السُعرية . من ذلك ان الاوكسجين مؤلف من مبدأ الاوكسجين المقرون بالسُعرية . وهذه النظرية حول الغازات ، كانت موسومة ، من جهات عدة بالتصورات التقليدية ، ولكنها لم تكن تعمق تطور نظرية متماسكة ، وعندما تم التخلص عن الصفة المادية للحرارة ، بصورة نهائية ، زالت نظرية الغازات دون أن تؤثر تأثيراً خطيراً في مجمل النظام الكيميائي .

وانتقدت النظرية الجديدة للاسيدات ، بمقدار ما كان السائل الناري غريباً عنها ، وبمقدار ما دخل الاوكسجين فيها كعنصر بسيط . والشكوك حول حقيقة السائل الناري التي عبر عنها لافوازيه Lavoisier علناً بعد 1777 ، بدت (اي هذه الشكوك) عارية من الاساس ، لدرجة أنها بدت غير خطيرة .

(1) قبل هذه الحقبة بكثير نشر الروسي م . آ . لومونوسوف M. A. Lomonosov (1711 - 1765) ، أعمالاً تتضمن استنتاجات رائعة ، فقد وجدت عنده فكرة التشكل الذي للأجسام ، وكذلك فكرة الطاقة الحركية المسببة بالفعل للإضطراب الجولي . وقد عرف لومونوسوف Lomonosov زيادة أوزان المعادن المتحولة إلى كلس ، فرفض ، بعد 1756 ، نظرية السائل الناري . ولكن للأسف لم تعرف كتاباته التي وضعت باللغة الروسية من قبل الكيميائيين الغربيين في البلدان الأخرى . إذ لم يرد لها ذكر على الإطلاق في الاداب الإنكليزية والفرنسية والألمانية في ذلك الزمن . ولا نشك أن نشر أفكاره يومئذٍ كان ساعد على التسريع في حصول النظام الكيميائي الحديث .

وفيا بعد نشر عيتون Guyton رسالة من ماکر Macquer ، وكان أحد المعلمين الأكثر احتراماً في ذلك الزمن، عبر فيها، بعد أن سمع سنة 1778 بمذكرة صادرة عن لافوازيه - عن ارتياحه : كتب يقول «أين كان يمكن أن نكون مع كيميائنا القديمة ، إذا كان من الواجب إعادة بناء مختلف تماماً ؟ بالنسبة الى أي أعترف بأي كنت تحللت عن المشروع كله » .

تعتبر هذه الجملة بشكل كامل عن موقف الكيميائيين في القرن الثامن عشر ، وتعرف بطبيعة المناقشات التي قامت بعد ذلك بقليل . فالرجال المتقدمون في السن رفضوا باصرار الافكار الجديدة ، إن الكيميائيين الشبان هم الذين نجحوا نظريات لافوازيه .

طبيعة الماء - قامت انطلاقاً من 1783 معركة حامية حول طبيعة وحول تركيب الماء . وهذا الموضوع طرح على بساط البحث ، كما طرح قبل ذلك بـ 10 سنين موضوع تركيب الهواء . هناك العديد من الملاحظات ، تعزى بشكل خاص الى ماکر ، بينت ان احتراق الهيدروجين يولد تشكّل حبيبات الماء . وقد جرت محاولات متقطعة ، ثم تركت . وقد تضايق لافوازيه ، في بادئ الامر ، عند محاولته حل هذه المسألة ، من فكرة ، تتطابق مع نظريته ، ومفادها ان الهيدروجين عندما يحترق ينتج مركباً اسدياً ، وهذا عائق يشبه العائق الذي حجب عنه لفترة من الزمن وجود الاوكسجين .

وكان الفيزيائي الانكليزي هنري كافنديش Henry Cavendish أول من لاحظ ، مستعيناً على دمج الهيدروجين بالاوكسجين ، بواسطة الشرارة الكهربائية ، إنها اي الاوكسجين والهيدروجين يتحدان بنسب أحجام معينة ، ليولدا الماء . ووصل خبر هذه التجربة الى باريس في شهر حزيران 1783 . واعاد تكرارها لافوازيه ولابلاس في الحال وأكدا بذات النهار : « أن الماء ليس مادة بسيطة ، بل هو مُركَّب ، وزناً بوزن ، من هواء قابل للاحتراق ومن هواء حيوي » . وكانت المشادة حول هذا الموضوع حادة جداً . مقابل الهجمات القوية التي قام بها لافوازيه ضد السائل الناري ، كانت الاجوبة لا تقل حدة . وبالفعل لو لم يكن الاوكسجين الا هواء علوياً من السائل الناري ، فإنه يتلقى هذا السائل من الهيدروجين عند الاحتراق ، مما يولد الماء .

وهذا الأخير قد يبقى عنصراً بسيطاً . وبقي كافنديش عند هذا التفسير الذي يضم جوهر كل الاشياء ، وهكذا كان لافوازيه ، كما هو الحال بالنسبة الى تركيب الهواء ، الوحيد الذي عرف الطبيعة الحقة للظاهرة . إن المقارنة مع واقعة الهواء استكملت عندما علم في شهر آب التالي ، أن غسبار مونغه Gaspard Monge قد حقق تركيب الماء ، في شهر حزيران ، بدون أن يعرف بأعمال كافنديش ولا بللاس ولا فوازيه .

وفي سنة 1783 كانت أيضاً السنة التي اكتشف فيها الاخوان مونغولفييه Montgolfier القوة الصاعدة في المناطيد المسماة اروسبات . وصعد الفيزيائي شارل ، مرفوعاً بالبالون مضوخ بالهيدروجين ، وعينت الجمعية الملكية للعلوم لجنة مكلفة بدراسة تحسين الآلات الجديدة . وعمل مونغه مع لافوازيه في البحث من أجل أفضل وسيلة لتحضير الهيدروجين . ولهذا درس الكيميائيان

تفكيك الماء بالحديد المحمي لدرجة الاحمرار ، وحضرا أجل تجربة في تاريخ العلوم . ونفذت هذه التجربة في 27 و 28 شباط وفي أول آذار 1785 في مختبر لافوازيه في الارسنال Arsenal ، بحضور جمهور كبير من العلماء . وبعد أن فكك الماء بالحديد الاحمر وحصل على الهيدروجين المتصاعد نفذ لافوازيه ومونيه حالاً تركيبه في بالون مزود بصنوبرين حيث كان الهيدروجين يشتعل بواسطة شرارة كهربائية . أما قياسات الاحجام والاوزان فقد جرت بدقة بحيث يتنفي كل شك حول طبيعة الماء وتركيبه .

إلا أن الرأي العلمي قاوم لعدة سنوات . وحتى مطلع 1787 بقي لافوازيه وحيداً تقريباً في اقتناعه بقيمة نظريته . وكان أول المنضمين إليه ، ليس الكيميائيون ، بل الرياضيون . فقد كان هؤلاء لا يابهون بنظرية السائل الناري . بل كانوا مأخوذين بمظهر آخر من مظاهر الكيمياء في ذلك العصر وهو الألفة أو التعاطف . فقد كان لايلاس وكوزان ومونج ومونيه على أفكار لافوازيه ، ولكن لم يكن لهم أن يدافعوا عنها . أما الكيميائيون الأوائل المنضمون فهم شيتال وفوركروا ثم برتولي وغيتون .

الجدول الكيميائي الحديث (نومونكلاتور) - كان غيتون دي مورفو Guyton de Morveau عامياً في برلمان ديجون Dijon ، وكان قد نشر عدة أعمال شخصية لم تترك أثراً في تاريخ الكيمياء . وكان فضله الكبير أنه كان أول من خطرت له فكرة إجراء اصلاح جذري على الجدول الكيميائي ، ونشر مذكرة حول هذا الموضوع أعلن فيها المبادئ الأساسية التي يجب أن يرتكز عليها الجدول المنهجي . ثم ذهب يعمل خلال فترة ، مع لافوازيه حتى يتأكد من صحة نظريته ولكي يستكمل مشروعه . وفي هذا الوقت اعتمد النظام الجديد الذي بدأت تسميته تعرف بالكيمياء الهوائية ، لأنها كانت مؤسسة على الخصائص الكيميائية للغازات . ووضع الجدول الكيميائي في مطلع 1787 من قبل لافوازيه وغيتون وقد ساهم معها برتولي Berthollet وفوركروا Fourcroy وكذلك الرياضيون الذين كانوا يزورون بصورة إعتيادية مختبر الارسنال Arsenal .

وعمل تقديمه الى الاكاديمية في شهري نيسان وأيار ، ثم نشره في شهر آب 1787 تحت عنوان تجربة في الجدول الكيميائي ، على إنجاح الكيمياء الحديثة . فهو اي الجدول أعطى للكيمياء لغة بقيت في جوهرها ، اللغة التي ما تزال نستعملها والتي كانت خير وسيلة لانتشارها .

أعمال لافوازيه Lavoisier الأخيرة - لقد توقفت أعمال لافوازيه بعد بضعة سنوات من وضع النظام الكيميائي الحديث . وكان عمله بأكمله مخصصاً لهذه الغاية . وبالطبع بعد أن رسمت هذه النظرية الواسعة أولى معالمها ، عمل لافوازيه على تمهينها واستكمالها وإنجاحها . ولكنها لم تكن بالنسبة إليه إلا جهداً مستمراً في الاكتشاف . وكانت تطلعاته تذهب الى أبعد من نظام في كيمياء الاجسام الجامدة ، نحو رؤية كاملة لكل تكوين الكائنات الحية .

فقد أخذ التنفس عند الحيوانات مكانه في بحوثه المتعلقة بخصائص الاوكسجين . وبخلاف الاعمال حول قياس السعرات الحرارية (كالورمترية) التي قام بها ، بعد 1782 مع لايلاس ، قاس الحرارة التي يحددها التنفس . وبعد نشر كتابه « كتاب الكيمياء الابتدائي 1789 » ، انتفت لافوازيه ،

وكانه تخلص من نظام كامل في البحوث التي كانت تشغله منذ سنوات ، التفت بصورة نهائية نحو الكيمياء الوظيفية الاحيائية . فوضع مع كيميائي شاب ، سيجين Seguin ، برنامج بحث كانت ضخامته تساوي ضخامة برنامج 1773 . وانصرف العالمان في الحال الى العمل وأوصلا نتائج أعمالهما الأولى الى الاكاديمية ابتداء من 1790 . وكانت هذه الاعمال تتناول التنفس ثم العرق . وقد خلدت رسوم مدام لافوازيه المصنوعة في مختبر الارمينال هذه الجلسات . وفي سنة 1792 ترك لافوازيه سيجين يكمل وحده البحوث . ولو أنه استطاع إكمال عمله ، لكان قد اهتم بالهضم ولكن أعطى منذ ذلك الحين دفعة قوية للكيمياء البيولوجية والفيزيولوجية .

4 - مقاومة نظرية لافوازيه Lavoisier

يُعتبر زوال نظرية السائل الناري احد الاحداث الأكثر أهمية في تاريخ الكيمياء بحيث أنه قطعته الى قسمين . لقد تخلص هذا العلم من فكرة مباديء يعود أصلها الى بدايات علم الكيمياء ، وكان هذا المفهوم قد ترسخ بخلاف الحقيقة الوسيطة . وقد أصاب الميكانيك أيضاً مثل هذا التحول في القرن السادس عشر وكذلك الفيزياء في القرن السابع عشر . وتبعتهما الكيمياء متأخرة لان المسألة التجريبية كانت بالنسبة إليها أكثر صعوبة . وكان داعية هذا الاصلاح ليس بمنأى عن الوقوع تحت سيطرة المعتقدات البالية . واستخدامه لبدأ السعيرة يدل بما فيه الكفاية كم هو صعب على الفكر حتى الأكثر استقلالاً ، أن يتخلص من الافكار السائدة .

وقد أظهر معاصرو لافوازيه تعلقاً عتيقاً بالسائل الناري ، الذي هو تجسيد أكمل لكيمياء المباديء ، تجسيدا يُعطي للعقيدة الكيميائية مظهراً مكتملاً وشديد الارضاء .

كان الرأي العام حوالي 1770 يرى أن الكيمياء قد وصلت الى درجة من الكمال لا يمكن معها الامل بإضافة اي شيء آخر . ولهذا لم يكن الرفض في الموافقة على افكار لافوازيه فعل جليل محدود الاقرب بل كان بالعكس إشارة الى حيوية بالغة في الكيمياء ، حيوية يجدها العديد من العلماء ذوي القيمة . لقد تركت نظرية سناهل في الظل مسألة دقيقة هي طبيعة السائل الناري : وهذا الغموض لم يكن يضييق على مفكري القرن السابع عشر . وبعد ثلاثة أرباع القرن لم يكن من الممكن الظهور بمظهر القليل التشدد حول هذا الموضوع . ولهذا بذلت الجهود الكبرى من اجل إنقاذ السائل الناري كبداً . وكانت الصعوبة الرئيسية ناتجة عن هذه الزيادة الشهيرة في الوزن ، والمحقة في المعادن عند تكلسها .

السائل الناري والجاذبية الأرضية - كان موضوع الجاذبية الأرضية بالنسبة الى السائل الناري يحط افتراضات كثيرة التنوع وذلك من اجل تكيفه ليتلاءم مع مقتضيات التجربة . وقلما اختلفت هذه التاويلات عن التاويلات التي قدمها الكيميائيون من القرن الماضي . إن مادة النار قد زالت ليحل محلها السائل الناري . وفي سنة 1763 ميز شارديتون Chardenon . الثقل النوعي ، والثقل المطلق وافترض أن السائل الناري ينزع الى التخفيف من الوزن المطلق في كل الاجسام التي ينضم إليها .

واعتمد العديد من المؤلفين هذه النظرية وإن بأشكال مختلفة تقريباً . وظل فينيل Venel يدعي طيلة أكثر من 20 سنة أن السائل الناري له وزن سلمي : وأن هذا الوزن في ذهنه هو أخف من الحفة الفصوى . إن السائل الناري يتصرف تجاه قانون الجاذبية بشكل معاكس لقانون بقية الأجسام . وتبع فينيل Venel العديد من الكيميائيين ومنهم بلاك Black و ليسلي Leslie . وفي سنة 1772 عزّاه غيتون دي مورفو Guyton de Morveau إلى السائل الناري خفة خاصة تجعله أخف من كل الأجسام الأخرى . وعلى هذا فالمعادن التي تخسر سائلها الناري تصبح أثقل حسب رأيه ، أكثر وزناً ، دون أن يلتفت إلى مفهوم الثقل النوعي . وفي سنة 1776 جرب مورفو المذكور مرة أخرى التوفيق بين اكتشاف الهواء الثابت ، وبين نظرية ستاهل ، وذلك بادخال اللبس ، الذي اصطدم به من قبل لافوازيه ، بين الغاز الكربوني والأكسجين . وقد جرب برتولي أيضاً ، وبذات السنة محاولة توفيق . وقد اعتمد كل الكيميائيين الكبار في ذلك الحين مثل هذا الموقف ومنهم ماکروبرغمان وشيلي وبرستلي الذين أعادوا ادخال السائل الناري في التفاعلات المبحوث بها ، بعد كل هجوم من قبل لافوازيه .

حملة لافوازيه Lavoisier ضد السائل الناري - بدأ لافوازيه يشكك علناً بوجود السائل الناري ابتداء من سنة 1777 فقط . وقد فعل ذلك بحذر في بادئ الأمر ، دون أن يومي على الاطلاق بأنه يقدم ، كما فعل معارضوه ، أفكاراً افتراضية ، ووقف وحيداً ضد محاصمين مصممين على عدم التهاون بالنيل من مراكزهم ، فأظهر براعة كبيرة في طريقة عرض براهينه ثم في اصدار الحكم النهائي ، في الوقت الذي شعر فيه بضمان عدم غلبته في مجال الخصاص ، وفي حزيران 1785 قرأ امام الاكاديمية إحدى أشهر مذكراته وعنوانها (أفكار حول السائل الناري) .

وبعد أن استحصل على موافقات أولى من بعض الكيميائيين الفرنسيين ، استطاع لافوازيه إبراز النصوص التي سوف تساعد على نشر أفكاره . من هذه النصوص كان في بادئ الامر الجدول الكيميائي الذي سبقت الإشارة إليه ، ثم في سنة 1788 كتاب آخر جماعي هو الترجمة التي قامت بها مدام لافوازيه ، لكتاب وضعه ريشار كيروان Richard Kirwan بعنوان « محاولة حول السائل الناري » ؛ وكان كل فصل في هذا الكتاب متبوعاً بدحض خطي ، بقلم لافوازيه أو أحد اصدقائه . وكان لهذا الجواب أحسن المفاعيل . وأصبح السائل الناري ، الذي كان في الماضي مادة النار ومادة الضوء والذي أريد له أن يكون الانقضى حتى في الدخان الأسود ، هذا السائل أصبح تحت ريشة كيروان ، الهيدروجين بالذات . ولكن بعد قراءة الردود المعارضة لمزاعمه ، انضم ريشار كيروان إلى النظرية الهوائية ؛ وقد جر معه قناعة معاصريه الذين إعتمدوا بسرعة كل المبادئ الجديدة ، ما عدا برستلي . أما كافنديش ، فقد قبل من جهته بأن الظواهر الجديدة تفسر على حد سواء بهذه النظرية أو تلك .

ونشر لافوازيه في كانون الثاني 1789 كتابه بعنوان « الكتاب التمهيدي في الكيمياء » وعرف هذا الكتاب النجاح بسرعة . وأعيدت طباعته في الحال وترجم الى عدة لغات . وأنتج الكتاب الذي كان يختلف تماماً عن كل ما سبق وكتب منذ قرنين للكيميائيين الشباب أن يتعلموا بصورة مباشرة الكيمياء الجديدة .

المقاومة في فرنسا وفي ألمانيا - في هذه الاثناء لم تضعف مقاومة الكيميائيين الاكبر سناً . في فرنسا مات ماکر Macquer دون أن يرى نجاح هذه النظرية التي كانت يجتازها كثيراً ، والتي كان قد انضم إليها بدون شك لو بقي حياً . أما رجال جيله من أمثال بومي Baumie وساج Sage فظلوا غير جازمين . أما محرر مجلة « ملاحظات حول الفيزياء » وهي الصحيفة الوحيدة الشهيرة التي تعالج العلوم بشكل عام ، وهو لاميتري ، فقد كان من أنصار السائل الناري المتعصبين . ولهذا أسس لافوازييه وأصدقائه في سنة 1789 مجلة «حوليات الكيمياء» ، لكي يكون لديهم مجلة تناسير أفكارهم .

أما المحجوم الأكثر حدة فقد كتب لامارك Lamarck الذي نشر سنة 1796 كتاباً بعنوان « دحض النظرية المواتية » . واقترح بدلاً من هذه نظرية « نارية » ، وصرح بأن الاوكسجين هو كائن عقلي ، ثم تتبع صفحة صفحة كتاب الفلسفة الكيميائية لفوروكرو Fourcroy ، فوضع اعتراضاته مقابل كل مقطع .

في هذه الحقبة كانت مقاومة نظرية لافوازييه حادة في ألمانيا . وقدمت اقتراحات عدة في فرنسا وفي انكلترا لاتخاذ السائل الناري من الضياع . واستعيدت هذه الاقتراحات في ألمانيا . لقد كان السائل الناري يعتبر فيها كميلاً للحرارة وللنور ولل كهرباء أما منفرداً أو مضممواً إلى غيره . وابتدعت موجودات جديدة ذات رابط قريب بالبداء المعدوم ، ودافع عنها أنصارها بحدة . واستعيدت فكرة كيروان من قبل ويغلب . ونجمل ويسترومب وريختر وغرين Westrumb, Richter, Gren وآخرون كثر العديد من التسويات أو اكادوا على بطلان المبادئ الجديدة تأكيداً مطلقاً .

وعندما ترجم س. ف. هيرمستاد S.F. Hermbstadt إلى الألمانية كتاب لافوازييه ، ربح النظام الجديد وبسرعة أرضاً جديدة . وكما هو الحال في فرنسا ، استمر الكيميائيون المسنون أمثال ويغلب Wegleb وكريل Crell وجملين Gmelin في التمسك بخطتهم .

في هذه الاثناء عرفت عقلية الكيمياء القديمة بعض الردات أن السائل الناري لم يكذب بحتضر فلم يجد مدافعاً عنه غير برستي ولامارك ، عندما تصور كيميائي من بست ، هو ووتر Winterl مادة جديدة شاملة سماها اندرونيا . وتولى اورستيد Oersted اشاعة هذه الفكرة سنة 1803 في كتاب حرره بالفرنسية ، ولقي بعض الأنصار ثم زالك سريعاً بعد تحريره .

وفي سنة 1803 أيضاً ، وعند اكتشاف المالحوجينات (مولد الملح) أعلن الكيميائي الهولندي فان مونس Van Mons عن نظرية جديدة فيها يجتلى الهيدروجين من جليد مكانة مبدأ للاحتراق . وظلت أفكار فان مونس لعدة سنوات مستحقة على انتباه الكيميائيين الفرنسيين . وقد حاول دافي من جهته أن يعطي للازوت دوراً مماثلاً . وكانت هذه الحقبة ، حقبة القموض ، بسبب كثرة الأحداث الجديدة المتراكمة خلال القليل من الوقت ، ذات مدة قصيرة . وقد تم التخلي عن المبدأ القائل بأن كل الحوامض او الاسيدات هي من مركبات الاوكسجين . ولكن هذا الاصلاح لم يغير شيئاً في النظام الذي ارتكزت عليه الكيمياء في نهضتها .

II - البحوث حول المؤلفات ، وجذور النظرية الذرية

1 - جداول المؤلفات

إن فكرة المؤلفات ، قبل أن تصبح موضوع دراسات خاصة بزمان بعيد ، كانت مقبولة ضمناً لدى الكيميائيين . وقد عُثر غيتون دي مورغو Guyton de Morveau على الكلمة في كتاب لطبيب ألماني هو كونراد برشوس Conrad Barchusen عنوانه : « بيروسوفيا سيف للتأشيميا » (ليد 1698) . والحقيقة أن الفكرة أقدم من ذلك بكثير والكلمة أيضاً . رغم عدم وجود أية دراسة خاصة بمكرسة لها قبل بداية القرن الثامن عشر ، فهي واردة في كل كتب الكيمياء بشكل أو بآخر . فلنجد الأجسام فيها بينها ، وللتضكك والتبادل والترسيات والتصاعديات أو التبخرات كلها تنتج من بعض المؤلفات البارزة إلى حد ما العنيفة إلى حد ما ، والتي تحصل بين مختلف مكونات المادة .

ولم يسبق أن نوقشت طبيعة هذه المؤلفات . وقبل الحقبة الديكارتية كان الرأي العام يعتبرها كاستعدادات أو استلطافات تجعل من جسمين متقاربين عرضة للاتحاد ليكونا فيها بينهما رابطاً متيناً . واستبعاد أحد المكونات من المركب لصالح جسم آخر ، يحدث إذا كان هذا الجسم الثالث يتمتع بمجبة أو صديقة بالنسبة إلى المكون الثاني ، الأقوى من الصداقة أو المحبة التي تسببت بالتفاعل الأول .

وكانت هذه المعاني مستعملة في لغة الكيميائيين ، لا للتفسير بقدر ما هي لوصف المظاهرات بواسطة الصور المألوفة .

والواقع إن هذه الصور تعبر تماماً عن نوع من التأويل للأحداث . وفرق للدرجة أو القوة بين المؤلفات ، بين هذه الأجسام أو تلك يسمح بتفسير مناعة بعض المعادن ضد الأسيدات ، وضعف بعضها الآخر الذي يلوب بتأثير الأسيدات المذكورة بسهولة .

وبعد 1648 قدم غلوير Glaubert ترتيباً لتحاب مختلف المعادن بالنسبة إلى الزئبق . والأمير يتعلق بسهولة تكوين خلاط ، تنازلاً ، من الذهب إلى الحديد مروراً بالفضة والنحاس .

وقد أبطل الديكارتيون هذه الاستعدادات التعاطفية ، وحاولوا أن لا ينظروا إلا إلى الشكل وإلى بنية المادة ، ولكنهم إن توضّحوا إلى تفسير كيفية حدوث ولوج جسم بآخر ، فإنهم لم يستطيعوا أن يعضروا على أي سبب لهذا الفعل . ولهذا لم يمكن التخلي عن فكرة المؤلفات المسؤولة عن التفاعلات الكيميائية ، بصورة كاملة . والبعض تناسها بشكل صريح ، ولكن الفكرة ظلت كامنة ضمناً في كل تفسير للفعل الكيميائي .

المؤلفة والفيزياء النيوتنية - لقد تولت الفيزياء النيوتنية إعطاؤها كياناً ، وبسهولة أكبر ، خاصة وأن التصورات حول بنية المادة قد تطورت بخلاف القرن السابع عشر . إن وجود الجسيمات المتناهية قد أصبح مقبولاً بوجه عام من قبل الكيميائيين ؛ أو على الأقل أن هذا الوجود لم يظهر أنه آثار النقاش .

ويقوم مبدأ هذا الجدول على تصنيف كل الأجسام البسيطة المعروفة ، وكذلك القواعد (Les Bases) والأسيدات ، ضمن صفوف عامودية ، وكانت هذه الأجسام مرتبة في كل صف ضمن الترتيب الذي تنقل فيه بالتالي من عاليها . ان الاشارات المستعملة هي الرموز التقليدية الموروثة من الكيميائيين ؛ وبعد سقوطها بعدم الاستعمال ، استعادت شيئا من جديد . ويلخص العمود الأول انتقال «القواعد» من املاحها ، احداها من الاخرى . وفي أعلى هذا العمود توجد إشارة الاسيدات عموماً ، وفي الأسفل ، وعلى التوالي ، توجد إشارة القلوي الثابت (الصودا أو البوتاس) ، القلوي المتغير (الامونيوك) ، التراب المتغير (الكلس - المغنيسيا) وأخيراً رمز المواد المعدنية عموماً . وهذا

العامود يعني أن المواد المعدنية ترسب من محاليلها الملحية بواسطة الكلوس ، وهذا يترسب بالأمونيوك الذي يحرك بالصودا والبوتاس . ومن هذا المثل الأول ، يظهر نقص جدول جيوفروا . والكلوس ، أمنع من أن يترسب بالأمونيوك ، يحرك هذا الأخير . أما الأعمدة الأخرى فتخصص تبعاً لكل من هذه الاسيدات الثلاثة المعروفة ، ثم لكل من القواعد الثلاثة ، وأخيراً للمعادن .

ونقائص جدول جيوفروا لم تُخَفَّ على الكيميائيين من ذلك الزمن ، فانتقدوه في الحال . إلا أن هذا الجدول يمتاز بأنه يعطي رؤية تركييبية لمجمل التفاعلات الكيميائية ، رغم وجود بعض الأغلط والثغرات . كما أنه كان جيوفروا العديد من المكملين .

وكان من الواجب الانتظار حتى تقبل فكرة المؤالفة تماماً . وساعد تقدم الفيزياء النيوتنية على ذلك كثيراً . ولكن تقدم كيمياء ستاهل *Stahl* لم يكن غريباً عنها .

هذان النظامان من التفكير اللذان كان يتجاذبان العالم العلمي لم يكونا متناقضين ، وإن بدا الثاني وكأنه لا يعرف الأول . فضلاً عن ذلك كانت نظريات ستاهل تعطي نصيباً لفكرة المؤالفة⁽¹⁾ .

كتاب المنستروس لـ بورهارف *Boerhaave* - في النصف الأول من القرن الثامن عشر كان هرمان بورهارف *Hermann Boerhaave* هو المؤلف الذي زكى أكثر من غيره مفهوم المؤالفة . وفي كتابه « منستروس » وهو القسم الثاني من كتابه « عناصر الكيمياء » الذي ظهر سنة 1732 ، عالج الطبيب الشهير ، الليدي *Leyde* (نسبة إلى ليد) هذه المسألة « كتب يقول وهو يشرح المنستروس أي المنيات : يجب أن لا نلجأ هنا إلى الأعمال الميكانيكية أو إلى الدفعوعات العنيفة ، أو إلى الحج الطبيعي ، بل لنوع من الصداقة ، إذا أمكن إطلاق هذا الاسم على نزعة إلى الاتحاد » .

واستعمل كلمة مؤالفة ووصفها بأنها قوة أو قدرة جذبية . فالفسوران والصغير والصحيح الذي نراه في بعض التفاعلات تنأى كلها من أن كل أجزاء المذيب يجب أن تنضم إلى كل أقسام الجسم المذاب . وكان أسلوبه في التعبير مأخوذاً عن نيوتن الذي أثر فيه بدون شك . وكان يعتقد أن الجزيئات المذبذبة تبقى بحالة ذوبان متناسق ضمن منياتها (منسترو) ، رغم الفرق في الوزن ، لأن قوة ميكانيكية كونية شاملة تضغط عليها : « يقول : هذه الخاصية تجعل عناصر جسم ما مجذوبة بعناصر جسم آخر ، وبالتالي مفصولة عن الكتلة التي كانت تؤلفها . وبعد هذا الفصل تجتمع معاً وتشكل أنواعاً من الأجسام جديدة ولا متناهية . وهكذا تظهر على التفكيكات المزدوجة نواة فكرة سوف يعبر عنها بوضوح ، وفيما بعد برتولي *Berthollet* .

(1) يعبر غيتون دي مورفو *Guyton de Morveau* ، بهذا الشأن ، بما يلي : « خطأ ستاهل خطوة أولى مهمة جداً عندما نظر في الخلاط ، بموادها المختلفة تخضع لمختلف المنيات ، وهذه « الثغرات » التي منها يمكن لهذا الجسم أو ذاك أن يهاجم ، (وأنا أستعمل تعبيره الذي استعمره منه دون أن نجرؤ على ترجمته) .

تقدم فكرة المؤلفات - في الحقة التي كتب فيها الطبيب الهولندي ، ظهرت جداول أخرى في المؤلفات . وكان المؤلفون الألمان بصورة خاصة هم الذين أولعوا بهذه الأعمال . وقد قدم غيتون Guyton عنهم تقريراً دقيقاً جداً في مقالته بعنوان « مؤلفات » ضمنها المجلد الأول « في الكيمياء » (1786) ، من الموسوعة المنهجية . وازداد استكمال هذه الجداول ، وقد بلغ عددها الـ 20 تقريباً . ولم يكن بينها فرق كبير . أما الأجسام فكانت مرتبة فيها بشكل أكثر مهارة . وكان السائل الناري يحتل مركزه فيها . ولكنها كلها كانت معيبة بعبء رئيسي أخذ على جيوفروا : فقد كانت تركز على مبدأ بأن التفاعلات تتم دائماً بانجاء واحد منها كانت الشروط التي تحصل فيها . وتوج برغمان هذه الفكرة بحوث طويلة سوف نعود إليها . وقد عمل برتولي على إبطال هذه الفكرة .

وتتابعت المناقشات حول وجود المؤلفات بالذات حتى سنة 1780 . وكانت معارضة هذه الفكرة مثله أفضل تمثيل بمقالة « الكيمياء » الواردة في الانسيكلوبديا . ولم يعترف مؤلف المقالة فينيل Venel في الكيمياء الا على مبدئين كبيرين : العلاقات والحرارة . وكان يقصد بكلمة علاقات الأعمال التفاعلات المتتالية التي تتم بين الجسيمات الأولية في المادة . ولكنه امتنع عن الاعتقاد أنها من مفاعيل الصدمات أو الضغط أو الجذب .

ويؤكد أن التفاعل بين الجسيمات يتعلق بالصفات الخاصة في الجسيمات مثل صفة التساوق والتفارق . ولا يجب تشبيهها بالجاذبيات بين الاجرام التي يؤثر بعضها في بعض تبعاً لسرعتها ولوزنها ولتماسكها ولصورها المختلفة . وفينيل حين وضع هذا التفريق بين الجسيم والجزم أراد أن يرسم الحد بين الكيمياء والميكانيك النيوطني . إلا أنه لم يتردد في استعمال كلمة تألف . حيث يقول : « يكون الكيميائيون سعداء إن استطاعوا إقناع أنفسهم بأن عملية الفوران والتخمير تقوم على التفاعل المتبادل بين بعض الجسيمات الجامدة والمطاطة والتي تنزع بقوة بعضها نحو بعض ، والتي تتدفق نسبياً مع كمية الحركة ومع مطايطتها والتي تصادم من جديد للتدفق أيضاً البخ . ولكن هذا التفسير البارح بمقدار ما هو تحكيمي ، تكذبه الاحداث التي تزي يوضح أن حركة التفور وحركة التخمير سببها تصاعد جسم لطيف وقابل للتناثر ، تصاعد تحدثه القوانين العامة للمؤلفة أي يحثه مبدأ قليل الميكانيكية » .

الرياضيون وبوفون Buffon - قبل الرياضيون بدون عانة فكرة المؤلفات التي يعتبرونها أكثر أهمية ، من أجل تطور الكيمياء مستقبلياً ، من نظرية السائل الناري ، وهذا الاتجاه بدا واضحاً في مقالات الانسيكلوبديا التي حررها دالمبير d'Alembert .

وحوالى 1745 أصدر كليرو Clairaut الفكرة القائلة بأن قانون مربع المسافات لا يطبق على نماذج الجسيمات ؛ وهناك قوانين خاصة لا بد من اكتشافها بالنسبة الى الظاهرات من هذا النوع . ونظريته حوربت من قبل بوفون الذي قدم عرضاً إجمالياً في كتابه «نظرة ثانية الى الطبيعة » (1765) . وصرح بأن ذات القانون يطبق على كل الظاهرات الجذبية ، سواء ما تعلق منها بالتجاذب الكوني أو بالتفاعلات بين الجسيمات التي تشكل المادة ، بل إن القانون العام يمكن أن يستخدم لحساب الشكل ،

الذي لم يكن بعد قد تكون ، شكل هذه الجسيمات .

وأعطت كتابات بوفون المفرومة جداً تذكيرة جديدة للمؤلفات التي لم يكن مبدؤها يشير أية انتقادات . ولكن المسألة تعقدت بسرعة . إذ إهتم أكثر الكيميائيين في أواخر القرن الثامن عشر بالمؤلفات ، حتى لانوازيه الذي كان يومئذ مستغرقاً في مسائل أخرى أشار الى أن المؤلفات وحدها هي التي تسمح بإعطاء الكيمياء الوضوح الرياضي الذي يميز كل علم .

ومن جهته اكتفى بوضع ترتيب للمؤلفة مختلف الأجسام مع الأوكسجين . وبدى يومئذ بتمييز عدة أشكال من المؤلفات ، بعضها يبرز ظاهرات فيزيائية مثل التماسك ، والالتصاق ، والتبلر ، وبعضها الآخر يوضح بعض التفاعلات الكيميائية . ولكن الغموض الأكبر كان يسود يومئذ المجالين من الأحداث ، كما تدل على ذلك التجارب الأولى التي أجراها غيتون دي مورفوس سنة 1772 لكي يرقم المؤلفات ، علماً بأن هذه التجارب كانت تعود في الواقع الى تماسك السطوح المعدنية مع الزئبق .

برغمان Bergman والجاذبيات الانتقائية - وأخيراً جرى البحث حول عدم وجود مؤلفة خاصة لكل نوع من التفاعل . وكان يومي Baumé الاول ، على ما يبدو ، سنة 1773 ، الذي ميز التفاعلات الناشئة عن التفاعلات الرطبة . وميز برغمان ، الذي كان يتكلم عن الجاذبية الانتقائية ، لا عن المؤلفات ، بين الجاذبية البسيطة والجاذبية المركبة . وتنطبق هذه الأخيرة على التفاعلات ذات التفكك المزدوج ، التي دخلت هكذا ، لأول مرة ، في مسألة المؤلفات .

وقد جرت بحوث برغمان حول هذا الموضوع ، وتويعت طيلة ما يقارب من عشر سنوات ، بعناية دقيقة وبمهارة تميز بها الكيميائي السويدي . وبجمل هذه النتائج نشر في كتابه « بحث في المؤلفات الكيميائية أو التجاذبات الانتقائية » .

وتصرف برغمان بالشكل التالي : نظر في عدة أجسام سماها a, b, c, d ، صنفها بالنسبة الى جسم A ، مثل ذلك القلوي ، البارييت ، والكلس والمنغنيز ، بالنسبة الى الأميد الكبريتي . وكان يعمل بالمحلول ويراقب ، بالتتابع ، نتيجة فعل الاجسام الثلاثة الأولى a, b, c على المركب Ad المتكون من الجسم الرابع d ومن A . ثم عمل ، بعد ذلك ، نفس الشيء مع Aa, Ab, Ac . فإذا تحول المركب الموضوع أمام c ، الى Ac ، مع تحور d ، استنتج برغمان من ذلك أن A فيه مؤلفة نحو c أكبر من مؤلفته d . وهكذا دواليك :

وتضمن الجدول الذي وضعه برغمان وفقاً لهذه الطريقة 59 عاموداً . وعدا عن هذا العدد الذي لم يبلغه احد ، لم يتضمن الجدول اي تجديد ، إلا قليلاً . وخصص أحد الأعمدة للمؤلفات الهوائية الحيوي (أوكسجين) . وقد فرق برغمان بين التفاعلات الرطبة والتفاعلات الجافة . والنوعان جمعاً في جدولين متفرقين . كما وضع أيضاً جدولاً للمؤلفات المزدوجة يتضمن 64 عاموداً .

ورغم التزامه مبدأ اعتبار التفاعلات وكأنها كاملة وثابتة ، فقد أقر الكيميائي السويدي بعض

الاستثناءات . وعرف أن زخم النار يمكن أن يفسد نظام الاستبدالات . وناقش أيضاً الحالة التي تتواجد فيها ثلاثة أجسام معاً . وأخيراً رجع الى أسلوب في العرض الموجز للتفاعلات كان قد ابتكره الانكليزي جون اليوت John Elliot سنة 1782 .

وكانت الرسيمات تتألف من 4 ضامات مرتبة بشكل بحيث تؤلف رسماً ذا أربع جهات . ومثلت الاجسام الموضوعه للتفاعل برموز تقليدية ، ووضعت على وجه أو آخر من الالوجه الاربعة ، أما مكوناتها فقد مثلت متجمعة ثم متفرقة ، وذلك لاعطاء صورة عن ظاهرات التفكك المزدوج .

وقلما استعمل هذا الاسلوب ، ولكن من المفيد أن نشير الى هذا الاهتمام وهو إيجاد تمثيل مكتوب للتفاعل الكيميائي الذي سوف يرتدي بعد 20 سنة أهمية أكبر . في عصر برغمان استعمل لافوازييه أيضاً المعادلات الكيميائية . وأثناء اصلاح الجدول الكيميائي (نومونكلاتور) ابتكر كيميائيان شابان أدت Adet ، وهسنفراز Hassenfratz ، ترقياً جديداً رمزياً يتوافق مع نظام التصنيف الحديث . وهذا الترقيم لم يستعمل هو أيضاً .

2 - من المؤلفات إلى النظرية اللرية

استعمل اليوت Elliot نظامه ذا الرسيمات ذات الضامات ، وذلك لصور تقيماً رقمياً لقوى المؤلفات . وهذا التقييم العملي أتاح له أن يتنبأ باتجاه التفاعل عندما يتم مزج محلولين ملحيين .

وكان يرى أن قوى المؤلفات تساوي 9 بين البوتاس والاسيد الكبريتي ، وتساوي 2 بين اوكسيد الفضة وأسيد نيتريك ، وتساوي 8 بين الأسيد نيتريك والبوتاس ، وتساوي 4 بين أسيد الكبريت وأكسيد الفضة . وإذا سكب فوق محلول من سلفات البوتاس محلول نترات الفضة ، وبما أن مجموع مؤالفاتها يساوي 9 + 2 ، أي أقل من مجموع مؤالفات نترات البوتاس مع سلفات الفضة (8 + 4) ، فإن هذين الأخيرين يجب أن يتكونا بشكل حصري .

الانحراف في البحوث حول المؤلفات - اهتم العديد من الكيميائيين بالمؤلفات بخلال السنوات الـ 20 الأخيرة من القرن ، إهتماماً دائماً . وحاول كيروان في اسكتلندا ، ويسوي وغيتون وفوركررا في فرنسا وونزل وريختر Wenzel, Richter في ألمانيا ، وضع قوانين تحكم بوضوح هذه الظاهرات . وكانت المناقشات طويلة وغامضة نوعاً ما . وكان عدد المؤلفات يزداد مع كل مؤلف . ونحن نقف فقط أمام واقعه ذات أهمية رئيسية بالنسبة الى تاريخ الكيمياء . واقتداء باليوت Elliot ، حاول الجميع أن يرقموا قوى المؤلفات . وبدون هذا التيار الجديد كان يمكن أن يظل جمل البحوث حول المؤلفات ، التي جرت بخلال القرن الثامن عشر ، بدون نتيجة . وبالفعل توقف الكيميائيون فجأة عن الاهتمام بهذه المسألة ، بعد أن خبيهم بدون شك فشل جهودهم ، وبعد أن اطلعو بفضل مذكرات برتولي على تعقيد هذا الموضوع ، أو أنهم أخذوا بمواضيع جديدة . ولم يبق من هذه النار المشيمية حق ، ولا أي دخان . وبلدت الكيمياء الكهربائية لفترة من الزمن وكانت قادرة على تقديم مظهر

آخر للمسألة ، ولكن هذا لم يدم . وإذا كان وجود قوى المؤلفات قد أصبح مقبولا ، فإن اية محاولة ، لم تجر طيلة القرن التاسع عشر من أجل تحديد ماهيتها .

إلا أن هذه الجهود الطويلة لم تذهب بدون فائدة . فقد ولدت الحاجة الى ادخال العدد في التعبير عن التفاعل الكيميائي . وكان الهدف من هذه المحاولات ، في بداية الأمر ، هو قياس ، إن لم يكن القيمة المطلقة لقوى المؤلفات ، فعل الأقل قيمها النسبية . ولكن سرعان ما إنتقل الهدف الى تقييم النسب الوزنية التي تتحد فيها العناصر لكي تشكل مركبات محددة .

لقد ظلت الكيمياء بصورة أساسية نوعية كيفية . وإذا كان لافوازيه قد وضع نظامه ، مبتدئاً بقياسات دقيقة ، فإن هذه القياسات كانت تهدف فقط الى تحديد عدد العناصر التي تشكل مركباً ، أو ليبن أن مثل هذا العنصر كان جسماً بسيطاً وليس جسماً مركباً . وقد هدفت كل قياسات لافوازيه الى تحليل الكيمياء من المبادئ التي لا يمكن وزنها والتي كانت تسيطر على النظريات منذ عشرة قرون ، وكانت هذه القياسات تعمل بصورة مؤقتة كل الفرضيات حول تركيب المادة وحول النسب الوزنية للعناصر فيما بينها .

في الحقة التي بلغ فيها عمل لافوازيه ذروته فرضت الضرورة نفسها بادخال العدد في التقييمات الكيميائية .

قوة الأميدات - في سنة 1775 ، عرّف برغمان بأوزان الأميدات : السولفوريك ، النيتريك ، الكلوريدريك والكاربونييك التي تتحد مع الصودا والبوتاس . ولكن ، رغم المعرفة الجيدة . بهذه الاجسام ، فلم تكن هناك وسيلة دقيقة لتحديد المعيار الاسيدي أو القاعدي لكل منها . ولذا ظلت كل التقديرات تقريبية لا يمكن استخدامها لوضع جدول عام بالنسب الوزنية . وكانت الصعوبة تكمن في انتقاء جسم معياري يستخدم كنقطة انطلاق لكل النظام . وإذا كان معروفاً منذ زمن بعيد تمييز أسيد قوي عن أسيد خفيف ، فقد كنا نجهل جاثماً كمية الأسيد الموجودة في سائل أسيدي معين . لقد صنع بومي Baumé بصورة عملية ، في سنة 1768 ، ميزانه الشهير ذا الوزن الثابت ، وقد عمل نجاحه على اعطاء سلم وحيد للوزن النوعي (دنسيمي تري) ولكن الأمر يومئذ لم يعد مقارنة مختلف السوائل فيما بينها ، وليس وزن المركبات المطلقة .

ويعود الى كيروان فضل اكتشاف أول منفذ . فقد أوحى له مذكرة برستلي سنة 1772 حول الاسيد كلوريدريك فكرة استعمال الغاز أسيد لاعداد محلول معياري . فبدأ بتشييع كمية محددة من الماء بالاسيد مورباتيك (كلوريدريك) ، معيّراً وإزناً حجم الغاز الممتص ، مع تحديد زيادة وزن الماء المشبع ، ثم وضع المطابقة بين الانتقال النوعية لمختلف محاليل الاسيد ومقدار ما فيها من أسيد حقيقي .

وأخيراً أجرى معايير القلوويات للمركبة بواسطة محلول معياري معروف . واستطاع بالتالي الانتقال الى تعيير محلولات الأميدات الاخرى مستخدماً محلولاً قلوياً معيارياً . وكان الأول ، بين

1782 و 1792 ، في وضع التركيب الوزني لبعض الاملاح .

في نفس الحقبة ، قام كارل فريدريك ونزل Karl Friedrich Wenzel (1740-1793) ببحوث أيضاً لتقسيم قوة الاسيدات . ولاحظ من أجل هذا ضربة المعادن بالاسيدات ، خلال فترة معينة . وسنداً لحساسة الوزن في اسطوانات معدنية متشابهة مغطسة في مختلف الاسيدات ، لمدة ساعة ، استطاع أن يصنف الاسيدات بحسب مؤالفتها لهذا المعدن . أما فوركروا Fourcroy الذي كان يجرب بدوره ، متأخراً قليلاً ، قياس المؤالفت ، فقد ركز أعماله على مبدأ مختلف . فقد قدر أن المؤالفة تقاس لا على أساس تكوين مركب ما ، بل بسهولة تفككه .

وأعطى كمثال نترات الزئبق المحصول عليه بتنقيب الزئبق بواسطة الاسيد نيتريك ، أن مؤالفة هذين الجسمين كان يجب أن ترفع اذا حكم على ذلك بواسطة هذا التفاعل . ولكن إذا اعتبرنا أن النترات سهل التفكيك بالحرارة ، فمن الواجب القول بأن هذه المؤالفة كانت أقل بكثير من مؤالفة للمعدن بالنسبة الى الاسيد كلوريدريك ، لأن كلوريد الزئبق المحمي بتطاير ولكنه لا يتفكك .

التفكك المزدوج والنسب الوزنية - لم يكن القسم الأول من أعمال ونزل Wenzel الا القليل من النتائج . الا أن ونزل اهتم أيضاً بالتفاعلات ذات التفكك المزدوج ، ولاحظ أن مزيجاً ما من محلولات الاملاح الحايديّة ، يعطي محلولاً حايدياً حتى ولو ترسب احد الاملاح . فاستنتج من ذلك أن الجزء من القاعدة الذي يجيد أسيد الملح يجيد أيضاً أسيد الملح الثاني .

مثلاً إذا عملنا بواسطة نترات البوريت وسولفات الصودا ، نرى أن الصودا تحيد تماماً القسم من الاسيد نيتريك الذي كان متحداً بالباريت ، وبالعكس يجيد الباريت كمية الاسيد الكبريتي المتحدة مع الصودا . وإذا نستطيع كميات محددة من الصودا ومن الباريت أن تحيد نفس كمية الاسيد نيتريك أو نفس الكمية من الاسيد الكبريتي .

إن استنتاجات ونزل ، المستمدة من تحليلات عديدة اجريت بسرعة قصوى ، قد نشرت في كتابه :

Lehere Von Der Verwandschaft Der Korper (Dresde, 1777).

وقد قرئ هذا الكتاب وشرح طويلاً من قبل غيتون دي مورفو ، وخاصة في المقالة : « مؤالفة » من « الموسوعة المنهجية » . إلا أن هذه النتائج الاخيرة ليست هي التي استلقت انتباه الكيميائي اللديني، إن نظرية النسب المحددة مرت غير منظورة خاصة وإن ونزل نفسه لم يفكر ، أنه اكتشف قانوناً مهماً ، وأنه قد يحدث أن يكون احد المكونات زائداً في المحلول المتواجد مع المحلول الآخر ، وهذا مخالف للحقيقة . في المقابل ، قارن غيتون نتائج ونزل المتعلقة بسرعة التفاعل بنتائج كيروان ويرغمان . وقد ربط الكيميائي السويدي قوة الاسيدات بكمية كل أسيد لازم لاشباع مئة جزء من قاعدة؛ واعتبر الكيميائي الاسكتلندي أن الاسيدات تكون أقوى كلما احتاجت كمية من الاسيد،

محدده من كل منها ، الى كمية أكبر من القاعدة لكي تصبح مشبعة ، هذه الطرق الثلاث ولدت جداول تركيب عدد كبير من الأملاح التي قارن بينها غيتون طويلا ، بدون نتيجة غير أنها متنافرة .

والإبهام في كل هذه البحوث والتأويلات الكثيرة التي رافقتها ، تفهم أهمية العوائق التي كان يصطدم بها أفضل المحللين في ذلك الحين . ففي كل مرة تقف أمامهم مسألة جديدة ، كان الكيميائيون الأولون الذين يحاولون دراستها ، يتخبطون دون أن يتقدموا . والواقع أنهم عندما كانوا يعرفون قليلاً قليلاً مظهر القضية ، كانوا يقترحون من الطرق الفعالة دون أن يعوها هم أنفسهم .

وبعد هذه السلسلة من الأعمال جاءت أعمال عالم بالمعادن المالي ج. ب. ريختر (1762-1807) J.B. Richter لم يهتم ريشتر بقياس قوى الموائغات ، ولكنه حاول أن يضع علاقات رقمية في تركيب مختلف الاجسام . وعاد من أجل هذا الى ظاهرات الترسيب التي لفتت انتباه ونزل .

وعثر ريختر على نفس النتائج ، واكتشف أخرى جديدة ، واقر ، بأسلوب أكثر وضوحاً من ونزل ، أن المكان أو الوسط يبقى حياً بعد تفكيك مزدوج ، مما أعطى عمومية أكبر لفكرة النسب المحددة ، هذه العمومية التي تنظم اتحاد القواعد بالاسيدات . فضلاً عن ذلك لقد أقر سلباً تناسياً بين مختلف القواعد التي تتحد مع نفس الأسيد كما وضع أيضاً سلباً آخر بين كميات الاسيدات المختلفة التي تتحد بنفس القاعدة . ووجد أن السلم الأول يتصاعد وفقاً لتصاعدي حاسوبية والسلم الثاني وفقاً لتصاعدي هندسية .

ولم تكن نتائج ريختر دائماً مضبوطة ، وقد عثر شراحه على أنه ضبط هذه النتائج لكي يبرر أفكاره وأدت هذه الملاحظة الى نوع من عدم الثقة بأعماله . ورغم ذلك يبقى مبدأ النسب المتعددة من نتائج ملاحظاته . وقد عرض ، بهذا الشأن نظرية « العناصر المحددة » ونظرية العناصر « المحدودة » ، ويوجب هذه النظرية تكون اجرام سلسلة من العناصر المحددة ، بالنسبة الى عنصر محدد (مثلاً سلسلة القواعد بالنسبة الى الأسيد) ، هذه الاجرام هي بنفس نسب اجرام من سلسلة أخرى مؤلفة من نفس العناصر المحددة ، إذا قورنت بعنصر ثان محدد (نفس سلسلة القواعد بالنسبة الى أسيد ثان) .

القوانين الأولى في القياسية - هذا المبدأ يتيح حساب معادلات القواعد والاسيدات التي تشكل نظاماً متماسكاً . وهذا ما قام به ولاستون Wollaston في انكلترا وج. ي. فيشر G.E. Fischer في ألمانيا .

شكلت كتابات ريختر سلسلة طويلة نشرت ابتداء من 1792 تحت عنوان « اينهلدن ... شيميا » ولم تقرأ هذا الكتابات كثيراً بسبب غموضها ومن جراء ان ريختر ، وإن قبل بنظرية الاوكسجين التي قال بها لافوازييه ، فقد استمر يعطي مكانة للسائل الناري . في هذه الاثناء تولى ج. ي. فيشر شرحها ، أثناء ترجمته في سنة 1802 مذكرات برتولي حول الستاتيك الكيميائي . ويحسب راي ورتز Wurtz اطلع برتولي على أعمال ريختر من خلال نشرات فيشر . أما دالتون فلم يطلع عليها ، من جهته قبل ايلول سنة 1803 .

وفي أواخر القرن الـ 18 كان هذان المفهومان الأساسيان حول العلاقات المحددة والعلاقات المزدوجة معروفين ومقبولين . إلا أنها لم يؤخذوا بالاعتبار جدياً إلا بعد مضي 10 أو 15 سنة ولم تعتمد كقوانين أساسية إلا في أواخر القرن الـ 19 . وتكرار نفس الظروف ، آخر بشكل غريب انتشار هذه المفاهيم . أما كتابات ونزل ثم كتابات ريجتر فكانت ذات قراءة منفرة بسبب غموضها . ولهذا درسها القليل من المعاصرين بشكل دقيق . وفيما بعد ذلك بقليل أصبح برتولي الكيميائي الأكثر قدرة على فهمها ، فقبل النتائج التي تحتويها ، رغم أن مناظرته مع بروست Proust قد توحى بأنه يرفضها . ولكن كتاب «ستاتيك شيميك» لبرتولي (1803) بدوره قد نفّر القراء . فهذا الكتاب وقد كُتب بانشاء ثقيل ومعقد قد شرح أفكاراً متقدمة جداً عن عصرها بحيث لا يمكن أن تسترعي انتباه الكيميائيين في بداية القرن الـ 19 .

اكتشافات نهاية القرن الثامن عشر - لقد انتهى القرن 18 في غليان من الافكار ، بنىء بجدة عظيمة ، دون أن يستطيع أي من المتخصصين تصور كيف أن تطبع الكيمياء بهذه الخاتمة وتأسيس كيمياء الغازات ، والبحوث حول الموالفات قد اعطى لتطور الكيمياء حركة سوف تتفاعل بتزايد جدول (كاتالوغ) الاجسام المعروفة باستمرار .

فالى جانب الاكتشافات الكبرى التي سبقت الاشارة اليها طلعت اكتشافات أخرى كثيرة . وكان القسم الأكبر منها يعود الفضل فيه إلى المدرسة السويدية المشرقة ، مدرسة برغمان وتلامذته .

وأمتدت سلسلة اكتشافات شيلي الطويلة والشهيرة من 1767 الى 1786 سنة وفاته ، فالى شيلي يعود الفضل في تحضير الاوكسجين والكلور انطلاقاً من أوكسيد المنغنيز ، المسمى حتى يومئذ الماغينز السوداء، ثم اكتشاف الباريت (1774) والاسيدات الموليبديك (1778) والنتفستي (1781). وهذه الاكتشافات أدت الى اكتشاف المنغنيز على يد تلميذ برغمان هوج . ج ، غاهن J.G. Gahn ، وإلى اكتشاف الموليبددين على يد السويدي هيلم والنتفستين على يد جوان جوزي Juan José في الوبار . وعزل شيلي أيضاً العديد من مركبات الملكة العضوية ، وأهمها الفليسرين (1783) ثم سلسلة الاسيدات العضوية : ناتريك (1769) فورميك (1774) والبولىك (1776) الذي اكتشفه بذات الوقت أيضاً برغمان Bergman ، ثم اللاكتيك والموسيك (1780) والستريك والاكوزاليك (1784) ، والماليك (1785) والغاليك (1786) . وفي سنة 1782 ، اكتشف شيلي الاسيد بنزويك وعثر على طريقة لتحضير الاثير الاسيتيك الذي كان لوراغي Lauraguais قد حضره سنة 1759 ، وفي سنة 1777 اكتشف سويدي آخر أرفيدسن Arvidson الاثير فورميك .

وبذات الوقت تم العثور على نوعين من الكاربور الهيدروجيني وهما الميتان الذي استخرجه فولتا Volta من غاز البستقعات 1778 والذي درسه برتولي Berthollet سنة 1785 - ثم الاثيلين الذي اكتشف سنة 1796 ، من قبل أربعة كيميائيين هولنديين : بوندت Bondt ، ديان Deiman ، فان تروستويك Van Troostwyk ولورنبرغ Lauwerenburg .

وأعطاه هؤلاء اسم الغاز الزيتي ، لأنهم لاحظوا أنهم عندما يضعونه مع الكلور وتعريضه لضوء الشمس ، يعطي سائلاً زيتياً (كلوريد الأثيلين) . وقد ظل هذا السائل يسمى لفترة طويلة « شراب الهولنديين » .

نحو نظرية دالتون Dalton - هذه الاكتشافات الأخيرة كان لها في ذلك التاريخ أهمية خاصة لأنها أوضحت ، بدون شك جزئياً ، إلى دالتون بالتأملات التي قادته إلى وضع نظامه حول الذرات الكيميائية . وهذه المسألة سوف تعالج بتفصيل في المجلد الثالث من هذا المؤلف . ولأنهاء هذا الفصل ، يكفي أن نلاحظ أن نظرية دالتون قد جاءت وقتها . لقد حضرت بفضل كل الانقلابات الكبرى التي عملت على تجديد المناخ الذي عاشت فيه الكيمياء ، وبشكل ادق ، بفضل تطور البحوث المتعلقة بقياسات المؤلفات الكيميائية . وكان لهذه البحوث ، رغم مظهرها غير الثمر انعكاسات عميقة منذ السنين العشر الأولى من القرن التاسع عشر ، إن فكرة نظام ذري بالذات ، قد صيغت منذ 1789 من قبل الكيميائي الأيرلندي هيجنس Higgins في مؤلفه « مقارنة بين نظرية الفلوجيستيك (السائل الناري) وعدمه » . فكل الأجسام كانت مؤلفة ، برأيه من ذرات ذات أوزان متشابهة ، تتحد نسبياً البسيطة جداً لتشكل مختلف المركبات . وقد رأى هيجنس تماماً ، مثلاً أن أكسيدات ذات العنصر تختلف فيما بينها بعدد الذرات الاوكسيجينية المثبتة في هذا العنصر ؛ ولكنه توصل ، وهو يعزو إلى كل الذرات أوزاناً متساوية ، إلى نتائج غير متألّفة مع الوقائع المقررة في ذلك الحين . وفرضية هيجنس ، ربما كانت شطحة قلم ، فلم تسترّع انتباه أحد ، حتى انتباه مؤلفها . وبعد خمس عشرة سنة كان الجواب العلمي مختلفاً ولفتت فرضية دالتون كل الأفكار ، حتى أفكار الذين رفضوها من قبل .

الكتاب الثالث :

علوم الطبيعة

الفصل الأول : المسائل الكبرى في البيولوجيا

I - تصنيف ووصف العالم الحي

السابقون - إن فكرة ترتيب الفوضى الظاهرة في الاشكال الحية ، بدت ، باكراً ، أمام ذهن علماء الطبيعة ، وربما كان ج . ب . تورنفور J.P. de Tournefort (1708-1656) هو أول من حاول وضع نظام طبيعي من التصنيف ، ويقول آخر نظام تأسس على الايمان «بالحقيقة الموضوعية كالأصناف والصفات والطبقات» (ج . ف . لوروا J.F. Leroy)⁽¹⁾ . وبذات الوقت تقريباً عكف جون راي John Ray في كتابه الضخم المسمى «تاريخ النباتات العام» (1704-1686) بدوره أيضاً على توزيع النباتات توزيعاً جذرياً ، وبصورة خاصة على توضيح مفهوم النوع وربطه بمنشأ مشترك .

عمل ليني Linné - استكمل عمل تورنفور وراي وطور على يد ليني Linné الذي اقترح ، من أجل تصنيف النباتات ، نظاماً جنسياً ، مؤسساً على اعتبار السداة . وبدأ استخدام هذا النظام سهلاً للغاية من أجل تحديد الأنواع بشكل وضحي ، إلا أنه لا يابه الا لصفة واحدة في الزهرة ، لقد كان صراحة نظاماً اصطناعياً ، وبهذا الشأن ، بدا متأخراً عن المحاولات السابقة⁽²⁾ . وكان ليني قد اعتبره كذلك ، دون أن ينسى ان هدف عالم الطبيعة هو إقامة أنظمة طبيعية قادرة على التعبير عن المؤلفات الحقة بين الكائنات . ولهذا جهد أن يقسم الملكة النباتية الى أقسام طبيعية ، وعندما طبق على الزوولوجيا فكرة التصنيفي ، وزع الحيوانات بشكل طبيعي ممكّن في زمنه وذلك اخذاً في الاعتبار ليس فقط السمات البنوية الخارجية بل أيضاً التشريح الداخلي ، وبصورة خاصة تكون القلب واعضاء التنفس والتناسل ومن مزايا ليني الكبرى أنه ادخل في كل التاريخ الطبيعي التصنيف «الثاني» وسمي كذلك لأنه اي التصنيف يعبر عن كل نوع حي بكلمتين اسم يدل على النوع ، ونعت يدل على الصنف . ويستخدم النوع للتسمية المشتركة بين كل الاصناف التي تشكل مجموعة طبيعية : مثلاً إن النوع «فيليس» يتضمن مختلف الأنواع الفيليس دومستيكوس (الهرة) ، والفيليس كاتونس (الهر البري) ، والفيليس ليو (الاسد) والفيليس بزدوس (العسبر) ، نوع من النمر) .

(1) راجع الفصل الأول حول النبات في الكتاب الثاني من القسم الثاني .

(2) مستدرس أهمل ليني فيما بعد .

وهذا الجدول المبسط والموحد ما يزال ساري المفعول في أيامنا ، مما يشهد له ، على الأقل ، بسهولة الاستيعاب والقيمة العملية العالية . وهذا التصنيف قدم خطأً هادياً واضحاً وأكداً سوف يسمح لعلماء الطبيعة أن يتابعوا بمنهجية مهمتهم الضرورية في الترتيب والتسلسل .

ورغم فضله الضخم ظل عمل لبني نوعاً ما قاسياً وشكلياً . وسوف تدخل عليه بعض المرونة والدقة على يد خلفاء لبني Linné : برنار جوسيو Bernard de Jussieu ، انطوان لوران جوسيو Antoine Laurent de Jussieu ، وبصورة خاصة ربما من قبل ميشال أدانسون Michel Adanson الذي اعطى دفعة عظيمة للطرق الطبيعية في التصنيف مشيراً إلى أهمية مفهوم الأسرة الذي سبق وقيمه بيار ماغنول Pierre Magnol سنة 1689 .

بوفون Buffon خصم لبني Linné - كان من اشهر معاصري لبني Linné جورج لويس لوكرك دي بوفون Georges Louis Leclerc de Buffon (1739-1788) وكان في البداية فيزيائياً ورياضياً ، ثم عُيِّن سنة 1739 اميناً عاماً لستان الملك ، فتخصص بعدها كلية في تأليف ووضع « تاريخ طبيعي » ظهرت مجلداته الأولى سنة 1749 . وكان عالماً بالحيوان والجيولوجيا والمعادن وفيلسوفاً نيولوجياً ، كما كان أيضاً كاتباً كبيراً . أما مؤلفاته الرئيسية فهي : « نظرية الأرض » (1749) ، « حقب الطبيعة » (1778) ، تاريخ ذوات الاربع (12 مجلداً ، 1755، 1767) تاريخ الطيور (9 مجلدات ، 1770-1783) ، « التاريخ الطبيعي للانسان » (1749) وأراد بوفون في كل تأليفه حول علم الحيوان أن يعارض أفكار وطرق لبني⁽¹⁾ . وعمل على تفصيل الجدولة الثنائية التي تقسم الحمار ضمن فصيلة الحصان ، ووجد أنه من الأبسط ، « ومن الاقرب للطبيعة ومن الاقرب الى الحقيقة » القول بأن الحمار هو حمار ، بدلاً من تحويله من دون سبب الى حصان : « ليس من الأفضل ان نلحق بالحصان الذي هو وحيد الحافر الكلب الذي هو مُشْتَقُّ الرجل والذي اعتاد ان يتبعه ، بدلاً من ان نلحق به حماراً وحشياً لا نعرفه الا قليلاً ، والذي لا تربطه بالحصان الا وحدة الحافر ؟ » (التاريخ الطبيعي مجلد 1) .

لم يستطع بوفون ، في كتبه اللاحقة ، وبصورة خاصة في كتابه الجميل « تاريخ الطيور » ، إلا أن يسلم بالتصنيف المنهجي وإلا أن يأخذ بالمؤلفات البنيوية اكثر من اخذه « بعلاقات المنفعة والتألق » . ولكنه استمر يعتقد ؛ أو على الأقل يصرح بأن الأنواع والطبقات والترتيب لا وجود لها إلا في خيالنا ، وأنه لا يوجد في الطبيعة إلا الافراد .

بوفون Buffon ووصف العالم الحيواني - رغم تحيز بوفون وعنايه ، واحتقاره فقط ، وكلها

(1) وكما قال فلورانس Flourens : يجب أن يؤاخذ لبني كثيراً لأنه وجد من السوء أنه وضع الحصان بجانب حمار الوحش . أما لبني فقد كتب الى صديق له : « أني انتظر بفاقر الصبر المجلدات الجديدة لسبب بوفون . فقيا خص الطريقة الطبيعية بدأ بالحصان والكلب . وهذا يكفي . لقد رأيت المنظر وانتظر المارسل » .

تعود ، كما ذكر ذلك فلورنس Flourens الى أنه ، في بداياته كان رياضياً أكثر مما كان عالماً طبيعياً ، فقد كان وصافاً مدهشاً لأشكال الحيوانات . كان مختلفاً تماماً عن ليني ، باحثاً عن التمييز بواسطة التفصيل ، أقل مما كان في بحث الحياة بالمجمل ، وكان موهوباً أكثر بالنسبة الى الصورة الكبرى منه بالنسبة الى الصورة المصغرة ، وكان بارعاً في التركيب أكثر من براعته في التحليل ، وكان يضحى أحياناً بالدقة الشديدة أمام مفعول الانشاء ، دون أن يستحق اسم « الانشائي الخالص » ، الذي أطلقه عليه دالمبير d'Alembert . وقدم لعلم الحيوان خدمة ضخمة ، ليس فقط بأوصافه الفخمة لذوات الاربع وللطيور ، وبالصفات المدهشة لانشائه الذي سوف يجتذب الى العلوم الحياتية جمهوراً واسعاً ، بل أيضاً بوجهات نظره الجديدة التي ادخلها في دراسة الحيوانات .

وبالنسبة الى كل من الحيوانات التي نظر بها ، جمع كل المعطيات المتعلقة بما نسميه اليوم « بيولوجيا النوع » : سرعة النمو ، عمر البلوغ للتناسل بالنسبة الى الذكر والى الانثى ، مدة الحمل ، عدد الصغار في الحمل الواحدة ، العمر الذي ينتهي عنده الاخصاب بالنسبة الى كل جنس ، التناصب الجنسي ، الاستعداد للتهجين ، التنوع العرقي ، الاستثناءات ، العناية من قبل الام ، السلوك ، الغرائز ، الاصوات الخ .

وقد حاول بوفون أن يضع قوانين ، وعلاقات بين الاخصاب والقامة ، بين حالة التشجين والاخصاب ، بين القابلية للتهجين والعلاقة الجنسية ، ولم يكتب كعالم كبير ، بالجمع ، وتفسير أعمال الغير ، بل أضاف اليها ملاحظات وتجارب شخصية . وهو أبعد ما يكون عن العالم الطبيعي « المكتبي » ، أو عالماً مجتمعياً ، كما تصوره بعض الاساطير ، بل عاش على اتصال بالطبيعة . وفي مونتيار رتب مداخن للمراقبة ، وحفرأ حيث يربي الدببة والاسود . وقد حاول أن يزواج بين الكلب والذئب وبين الارنب البري والارنب الأليف ، وبين التيس والغنمة ، لأنه كان يعرف أهمية مثل هذه المحاولات من اجل توضيح فكرة النوع .

الفلسفة الحيوانية عند بوفون - فضلاً عن ذلك ، ان بعض أفكاره التي عبر عنها تساوي كما يقول كوفيه Cuvier اكتشافات حقبة . فقد ركز على وحدة خطة التنظيم في الطبيعة وكان أحد الأوائل الذين تكلموا عن الاجناس البائدة - عن هذه الحيوانات التي وجدت والتي تعد موجودة اليوم . وقد أشار الى الفرق بين نباتات العالم القديم والعالم الجديد (أ . ل . جوسيو A.L.de Jussieu سبق أن أشار الى هذا الفرق بالنسبة الى المملكة النباتية) ، وهذا جذب الانتباه الى التوزيع الجغرافي للكائنات .

وأخيراً لم يكن فقط العالم المتخصص بالحيوانات ، بل كان أيضاً من أوائل العلماء الطبيعيين العارفين بالانسان ، وقد صنّفه تماماً في سلم الحيوانات . وفيما خص اوران Orang-Outan كتب يقول « أنه يمكن أن يعتبر أول القردة وآخر البشر ، لانه لولا نفسه ، لا ينقصه شيء مما لنا ، ولانه يختلف قليلاً عن الانسان أي أقل مما يختلف عن بقية الحيوانات التي اعطيت نفس اسم القردة . (تصنيف القردة) .

ومن الناحية الفلسفية ، يتكلم بوفون في أغلب الاحيان كتجسدي . فهو يزعم انه القدر الى الطبيعة ، ويرفض عجايب اولئك الذين ، يتصورون مثل ريو مور Reaumur لها شديداً الاهتمام بكيفية طي الجراة جناحها .

عمل دوينتون Daubenton - كان الماعون الرئيسي لبوفون ، لويس دوينتون (1716-1800) Louis Daubenton الذي أعطت فراسته ومعرفته العميقة بالتشريح أساساً متيناً لمشروع بوفون . فهو الذي كان يقوم بكل التشريحات وهو الذي كان يحضر القلع ويدرسها ، ويرتبها في المجموعات الخاصة في بستان الملك ، الذي سرعان ما تحول الى متحف عام واسع .

وكان دوينتون احد منشئي التشريح الوصفي للحيوانات العليا ؛ وعندما نضج في السن انصرف الى البحوث في التدجين وهدفه تحسين أنواع الضأن عند طريق الانتخاب⁽¹⁾ .

II - مسألة تكون الأنواع

سيادة الثبوتية - بعد راي Ray ، وبخاصة بعد ليني ، اخذ الاتجاه نحو الثبوتية يفرض نفسه والثبوتية ترى في كل نوع كياناً جامداً لا يتغير .

قال راي : « لا يمكن لأي نوع أن يولد من بذرة نوع آخر » . وفي « فونداماننا بوتانيكا » (1736) الم يصرح راي بأن الطبيعة تحتوي من الانواع بعيدا خلق منها منذ البداية ؟

هذه الثبوتية سوف تسود في البيولوجيا (علم الاحياء) طيلة أكثر من قرن ، وسوف تقدم خدمات لا تقدر من حيث انها حلت محل التحولية الساذجة والفجة التي سادت في القرون الماضية . وكما قال لروا Leroy فاحسن ، « بدلاً من أن تكون مضايقة لتقدم العلم ، فإنها تطابقت مع حاجة ملحة الى المعرفة ؛ وقبل كل شيء ، مع حاجة الى مرجع في مواجهة الابهام الشكلي » .

يجب أن لا ننسى أنه قبل ليني وراي ، تعدد علماء الطبيعة الذين كانوا يقولون بأن النوع يمكن أن يولد أي نوع آخر ، أو تقريباً . وفي القرن 18 ايضاً ، اعتقد طبيب جراح انكليزي ، الدكتور سان أندريه Saint-André ، ان امرأة قد وضعت اربناً . كما أن الراصد الميكروسكوبي البارز نيدهام Needham زعم أن العطن يتحول الى حيوان .

الاستثناءات - ظهور تحولية جزئية - ولكن الثبوتية ، مهما كانت متجذرة ، عموماً ، فيما يتعلق بأشكال الطبيعة الحالية ، فهي قد خلقت بعض المصاعب الحقيقية ، اذ في داخل نفس النوع ، على الأقل ، كان المراقبون المتقظون قد سجلوا تغييرات بدت لهم غير ذات تفسير .

(1) إن المظاهر الأخرى للزولوجيا (علم الحيوان) سوف تدرس في الفصل الرابع .

وحقن ان المنظرين الكبار بالذات ، منطري الثبوتية ، اعتقدوا بأن عليهم أن يفسحوا مجالاً لبعض الاستثناءات ، يقول راي ، قد يحدث بصورة عارضة تماماً ، « تفهقر » في النوع ، من شأنه ، مثلاً ، أن نحصل على ملفوفة عادية من « قرنيطة » ، أو على *Primula pratensis inodora* من *Primula veris major* .

أما ليني فاذا كان يسند الى حكمة الله القدير الفروقات الحقيقية « الجلدية » بين النباتات ، فإنه رغم ذلك يعتبر بأن الطبيعة تستطيع أن تحدث بعض الفروقات العارضة ، أو نوعاً من التشوهات المحكومة بالزوال ، في حين تبقى الأنواع الأولى خالدة .

وانطلاقاً من 1742 وبعد أن قدم له تلميذ « قطانية » لم يعرف كيف يجددها (بيلوريا) ، وافق ليني أكثر على تنوع الأنواع . ولم يرفض الاستنتاج « المذهل » بأن أنواعاً جديدة ، بل أجناساً جديدة دائمة ، يمكن أن تنبثق في المملكة النباتية ، أما بتغيير مفاجيء ، أو عن طريق التهجين ، الامر الذي يقلب ، الى حد ما ، الاسس الذاتية لعلم النباتات ، وذلك بخفض الحواجز الطبيعية .

« هل كل الأنواع هي بنت الزمن ؟ أم أن الخالق ، عند نشأة الكون ، قد حدد هذا النمو بعقد من الانواع ؟ لا اجروا على البت بهذا الموضوع بيقين » .

وهكذا يبدو معلم الثبوتية البيولوجية ، من بعض النواحي ، تحويلياً جزئياً . ومنذ عدة عقود من قبل (1715-1716) اكتشف النباتي ج. مارشان J. Marchant في بستانه نوعين من « الحبوب » لم يعرفهما من قبل ، وهما يختلفان عن النوع النموذجي بفضل ترتيب الاوراق وفرزاتها ، وبما أن هذه الطارقات الجديدة ، بعد ظهورها ، قد بقيت ثابتة ، فإن مارشان لم يشك في أنه قد شاهد ولادة أشكال جديدة ، وأنه أجاز لنفسه أن يقترح الفرضية التالية : « من خلال هذه الملاحظة ، هناك مجال للنظر بأن القدرة الالهية ، بعد أن خلقت افراداً من النباتات كنموذج لكل نوع ، وصفت هذه الافراد من كل البنات ، والسمات التي يمكن تصورها ، وان هذه النماذج ، أقول ، أو الرؤساء في كل نوع ، عند استمراريتها ، قد انتجت أشكالاً متنوعة من بينها الاشكال التي بقيت ثابتة ودائمة ، وهذه شكلت الأنواع ، التي ، على التوالي العصور ، وبفسن الشكل ، أنتجت إنتاجات أخرى متنوعة ، كثررت وضاعفت علم النبات بالنسبة الى بعض الأنواع ، حتى أصبح من الثابت اليوم إننا نعرف في بعض الأنواع من النباتات حتى 100 أو 150 وحتى أكثر من 200 صنف متميز وثابت ينتمي الى نوع واحد من النباتات » (ملاحظات حول طبيعة النباتات ، تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم ، 1719) ، واعتمد مارشان ، هو أيضاً نوعاً من التحويلة الجزئية مقصورة على التحدر من نفس النوع .

ونجد رأياً مشابهاً عند نباتي هاو ذي قيمة عالية دوشين Duchesne الذي شاهد ولادة صنف جديد من الفريز (فراغاريا مونوفيللا) انطلاقاً من فريزة عادية (فراغاريا فسكا) . هل هذا ، حقاً نوع جديد ؟ وفي حان الالجاب ، كم يوجد في الأنواع الاخرى من أشكال متنوعة يجب أن ننظر اليها كأنواع ؟ وعلى كل حال ، كان يرى أن كل الفريزات المعروفة تتحدر من نفس الادومة الاساسية ،

وذهب الى حد أنه ، رسم في « التاريخ الطبيعي للفريزات » (1766) ، خلقاً لهذه الأنواع ، بعد أن لاحظ أن « الترتيب النسبي هو الوحيد الذي تدل الطبيعة عليه ، والوحيد الذي يُرضي الفكر تماماً ؛ وكل ترتيب غيره هو كيفي وخالف من الأفكار » .

من جهته أعلن ادانسون Adanson (تاريخ سلالات النباتات ، 1762) بوضوح أنه ضد الثبوتية المطلقة للنوع . وقد زعم أنه يعرف ثمانى حالات من حالات الانتاج الجديد ، ثلاث منها « ملحوظة تماماً ، شاهدها وبينها علماء النبات القدامى المعتادون على حسن الرؤية . وتأتي براهيه هذه التغييرات الثابتة نوعاً ما ، من تأثير الظروف الخارجية : التربية ، المناخ ، الخ .

التغيرية المحدودة عند بوفون - يبدو أن بوفون الكبير قد مال الى هذا المفهوم القائم على التغيرية المحدودة - بين الاسر أو العائلات - كما أن فكره الجريء قد عكف عدة مرات على المسألة الواسعة المتعلقة بقرابة الأنواع - « احد هذه الحفايا العميقة في الطبيعة التي لا يستطيع الانسان سيرها الا بقوة التجارب المتكررة والطويلة والصعبة » .

كان بوفون يرى بوضوح صعوبة وغموض المسألة ، والالتزام الموجب لتوضيحه ، والمجوء الى تعريب منهجي ، حيث يمثل التهجين مكانة مختارة :

« كيف يمكن أن نعرف بغير النتائج بالاجتماع المجرب الف مرة بين حيوانات من أنواع مختلفة ، ودرجة قربها ؟ ... على اية مسافة من الانسان نضع كبار القردة التي تشبه بشكل الجسم ؟ هل كل أنواع الحيوانات التي كانت في الماضي هي ما هي عليه الآن ؟ ألم يزدد عددها أم أنه نقص ؟ والانواع الضعيفة الم تلتف بالاقوى أو بجور الانسان ... ما هي العلاقات التي يمكننا إقامتها بين هذه القربى بين الانواع وقربى أخرى معروفة أكثر والتي هي قربى الاعراق المختلفة ضمن النوع الواحد ؟ » (في البغال) .

إنه في فصله الشهير حول « تفهقر الحيوانات » عرض بوفون بأكبر وضوح آراءه التحولية . فهو يعالج فيها العمل التغيري الذي يحدثه الوسط ، باعتبار هذا الاخير ممثلاً بصورة رئيسية « بالمناخ » الذي يؤدي الشكل الخارجي ، و« بالغذاء » الذي يصيب الشكل الداخلي وأخيراً « بالتدجين » بالنسبة الى الأنواع الحيوانية التي سخرها الانسان واستعبدتها .

وكمثل على مثل هذه المقاميل ، يذكر التغييرات في قاعة الحيوان ، وفي لون ونوعية الشعر ، وفي سماكة الجلد ، وفي كبر القرون ، وفي الصوت وايضاً في تكوين الحديبات والاشتان (الحشونات) عند الجمل الخ .

وتوصل الى التساؤل حول تغير الأنواع بالذات ، « وحول هذا التراجع الاقدم ، وفي الازمنة الموعلة في القدم والتي يبدو أنها ظهرت في كل عائلة ، أو ، اذا شئنا ، في كل من الاسواع التي منها يمكن فهم الانواع القريبة والقليلة الاختلاف فيما بينها » .

ويعتد أن قارن ، من هذه الزاوية ، فيها بين كل الحيوانات ذات الأربع ، ورد كلاً منها الى نوعه ، استنتج ان المتي نوع التي ذكر تاريخها ، يمكن في النهاية أن « ترد الى عدد صغير من الاسر أو من الادومات الرئيسية ، التي منها ، وهذا ليس بالامر للمستحيل ، انبثقت كل الانواع الاخرى » .

وعلى هذا فقد رد ، من جهته ، الى 15 نوعاً و 9 اصناف منفردة ، ليس فقط الحيوانات المشتركة بين القارتين ، بل ايضاً كل الحيوانات المختصة بالعالم القديم ، ومن جهة أخرى ، الى 10 أنوع و 4 اصناف منفردة الحيوانات المختصة بالعالم الجديد .. اي ما مجموعه 38 نمطاً اصيلاً .

ثم يضيف ان لبعض الانواع والاصناف الخاصة بالعالم الجديد ، علاقات بعيدة ، مع الأنواع من العالم القديم ، وهذه العلاقات تدل على « شيء مشترك في تكوينها » (التابير يشبه الفيل ؛ والبكاري يشبه الخنزير ، واللاما تشبه الحمل ، والينور والأمسلوت يشبهان النمر ، والظربان يشبه ابن عرس الخ) ؛ وهذا يقودنا الى التقليل ايضاً من عدد الأنماط الأساسية .

فضلاً عن ذلك ، وفي صفحة تذكر كثيراً (فصل : « في الحمار ») عالج بوفون ، بمناسبة كتاب للدكتور بومان Baumann (المعروف بـ موبرتوي Maupertuis) ، فرضية التحولية المعممة ، اي الفرضية التي بموجبها اشتقت الحيوانات كلها من جن واحد .

يسئال : هل الحمار والحصان من نفس الاسرة ، كما تصنفها المصنفات ؟ فاذا كانا كذلك حقاً الا يمكننا القول ايضاً ان الانسان والفرد لها ايضاً اصل مشترك ؟ ومع الاخذ في الاعتبار بالتوافق الاسامي في الطبيعة والذي يقوم بين الانسان والثدييات ، وبين الثدييات . والطيور ، وبين الطيور والزواحف ، وبين الزواحف والاسماك ، الا يمكن أن نرى كل الحيوانات « وكأنها نفس العائلة » ، ونفترض أنها جميعاً « قد انحدرت من نفس الحيوان الذي ، عبر تعاقب الازمنة ، قد انتج ، مستكملاً أو متقهقراً كل أعراق الحيوانات الاخرى ... لا توجد حدود أمام قوة الطبيعة ، ولا نخشى ان افترضنا أنه من كائن واحد ، استمدت الطبيعة ، مع الزمن ، كل الكائنات العضوية » .

ولكن بوفون ، في الحال ، يرفض هذا الاستنتاج ، لكي يرفض ايضاً مقدماته : الحمار هو حمار خالص ، وليس حصاناً متقهقراً .

كيف يجب أن نفرس هذا المقطع ؟

يرى E. Guénot : لا مجال للشك أن بوفون يقدم رأيه الحقيقي عندما يعرض اطروحة التحولية للعممة ، وإن تظاهر برفضها في النهاية ، إنه مجرد خداع وتغويه ، لكي يتفادى ازعاجات « الكنيسة » .

اني اعترف ، أن شعوري مختلف جداً : اعتقد ان بوفون عندما كتب هذه الاسطر ، لم يكن بعد قد وضع تحويلته المحلولة ، وإنه كان أكثر اهتماماً بهاجمة المصنفين منه في تمرير رأي مخالف « هدام » خلصة .

التحولية التكاملية عند مويرتوي Maupertuis - إذا كان علماء الطبيعة ، فيما خص فرضية التطور ، قد ظلوا خجولين نوعاً ما ، فبالقابل كانت هناك تحولية تكاملية تظهر بدون خفاء على يد الجيوميتري الفيلسوف مويرتوي في كتابه « محاولة حول تكون الاجسام العضوية » (1754) .

وبحسب مويرتوي يتم « الخلق » بواسطة « خلايا منوية » آتية من كل من الابوين . وعندما تتحد هذه الخلايا كما يجب فإن الولد يشبه ابويه ، ولكن قد يحدث ان تتحد الخلايا بشكل غير منتظم ، وعندها يظهر كائن فريد غير عادي .

« لا يمكن أن نشرح من هذا كيف أنه ، من فريدين فقط ، تتكاثر الأنواع الأكثر اختلافاً وتنتال؟ ان الأنواع لا تدين بمنشئها الأول إلا لبعض التواليدات المعارضة ، التي لم تحفظ فيها الاجزاء الأولية النظام الذي اخذته عن الحيوانات الاب والام : إن كل درجة من الغلط أو الخطأ تنتج صنفاً جديداً ؛ وبفضل الانحرافات المتكررة تأتي التنوعية اللامتناهية في الحيوانات التي نراها الآن ، والتي ربما تتزايد مع الزمن ، والتي لا يقدم لها تتابع القرون الا تزايدت غير منظورة . »

يلاحظ أنه في هذا النص ذي الأهمية البالغة ، يرى مويرتوي ، لكي يشرح تكوين الأنواع الجديدة ، فكرة التغير العارض أو المفاجيء الشيء جداً ، « وبالتحول » عند البيولوجيين المحدثين . وهي فكرة ظهرت في الماضي في « فينوس فيزيك » (1745) لنفس المؤلف : « إن الذين تنصب مهارتهم على ارضاء ذوق الفضوليين ، هم ، كما يقال ، مبدعو الاصناف الجديدة . إننا نرى ظهور اعراف من الكلاب أو الحمام أو اليمام (النغز) لم تكن من قبل في الطبيعة . إنها لم تكن في البداية الا أفراداً طارئين عرضيين ؛ وقد جعلها الفن والاجيال المتكررة أنواعاً » .

وكذلك ، في كتاب « الرسائل » ومناسبة « الجنس الاصبعي » (Sextadigitisme) وقد درسه شخصياً كمؤلف مؤصل يقول مويرتوي : « أريد أن اعتقد أن هذه الاصابع الزائدة ، في بدايتها ليست الا تنوعات عارضة . . . ولكن هذه التنوعات - بعد أن ترسخ بفضل عدد كافي من الاجيال التي تعاقبت على الجنسين ، - تؤسس أنواعاً ، وربما هكذا تضاعفت وتكاثرت كل الأنواع » (الرسالة 17) ،

طلاعيميو التحولية التأملية : بنوا دي ماينه وج - ب - ش روبيته J.B.-ch. Robinet . وبذات الوقت الذي كان فيه مويرتوي بطور هذه الاستلهامات الرائعة قام فيلسوف هو بنوا دي ماينه Benoist de Maillet (1728-1658) في كتابه « تليامو » (طبع سنة 1735 إنما نشر فقط سنة 1748) يقترح نوعاً من التحولية الاسطورية ، يشك في أنه هو نفسه قد اخذها على محمل الجد .

لقد انطلق من الايمان بالطوفان الموسوي ، الذي بدا له لمركزاً على وجود « اجسام متحجرة » - كالقواقع أو الاسماك المتحجرة - في الجبال ، فتصور ماينه أن الأنواع الاولى الحية المنبثقة عن النطف الاولى كانت كلها اجناساً بحرية ، ولدت بدورها ، بواسطة التحولات المفاجئة ، كل الاجناس الارضية بما فيها الانسان .

وإذا كان التحول لا يتم كل يوم تحت نظرنا ، فإن تحول البقرة الى فراشة ، هل يمكن أن يكون اسهل على التصور من تحول السمكة الى طير ؟ إن الزعانف تتشقق ، واشعثها تصبح ريشاً . والجلد يكتسي بالزغب ، والزعانف البطنية تتحول الى قوائم ، والجسم يتقبل ، فتمتد الرقبة والمنقار : وهكذا يتم التحول . . . وكذلك نشأت ، من الطلائع البحرية الذبية والفيلة ، والانسان .

هذه التحولات المفاجئة لا بد وأنها اقترنت بموت كثير ولكن « ان يتفق مئة مليون بسبب عدم القدرة على التكيف ، يكفي أن يقدر على ذلك اثنان ، حتى يعطيا النوع منطلقه » .

ومن بين رواد التحولية النظرية يذكر أيضاً جان باتيست - شارل روينيه (1735-1820) الذي رأى في مبدأ الاستمرارية « كيفية جديدة في تأمل الطبيعة » . ففي نظره ، لا تشكل الكائنات كلها الا مملكة واحدة « بسلسلة متتابعة » ، ومنطلقها النموذج أو النمط ، المتغير دائماً وبلا حدود ، والذي تتجارب مظاهره المتصاعدة مع غلبة وسيطرة متزايدة للقوة على المادة .

وعمل الانسان الطرف الأعلى من السلسلة ، والحد والغاية من الجهد الطبيعي .

« كل تغير في النمط النموذج هو نوع من دراسة الشكل البشري الذي تأمله الطبيعة . . . »

إنني أرى الطبيعة وهي تعمل ، تتلمس نحو هذا الكائن الممتاز الذي يتوج عملها . . . بمقدار ما توجد تنوعات وسيطة بين النمط النموذج والانسان ، بمقدار ما اعدد محاولات الطبيعة التي ، تهدف الى الاكمل ، فلا تتمكن من التوصل اليه إلا من خلال هذه السلسلة التي لا عد لها من التجارب « (في الطبيعة) (1766) .

زونوميا اراسموس داروين Erasmus Darwin - ويذا كتاب « زونوميا » (1794) لايراسموس داروين (1731-1802) جد شارل داروين أكثر أهمية ، لان هذا الكتاب يتضمن نظرية شبه كاملة حول التكون التدريجي وحول تكامل المملكة الحيوانية .

وبحسب اراسموس داروين Erasmus Darwin كل حياة عضوية ، تأتي من خيط عضوي أولي اعطاه « السبب الأول » القدرة على اكساب أجزاء جديدة ، وميولاً جديدة . وهكذا الاستمرار في استكمال ذاته ، بفعل نشاطه الذاتي الكامن ونقل هذه الكمالات من جيل الى جيل إلى ذريته وعبر عصور العصور » .

إن التفسيرات المتتالية تعزى الى اسباب خارجية متنوعة جداً : مناخ ، عادات ، نظام ، أمراض ، مسكن ، جهود ، رغبات ، تلجين ، تصورات ابوية .

وخطم الخنزير يستخدم لحفر الأرض ، وخرطوم الفيل الذي هو امتداد للأنف يسمح له بأن يجذب اليه اغصان الاشجار لكي يتغذى بها ، وشرب الماء بدون طي ركبته ، الخ وكل هذه الاعضاء يمكن أن تكون قد توفرت بصورة تدريجية نتيجة جهود مستمرة تقوم بها الحيوانات للحصول على طعامها ، ثم انتقلت الى ذرياتها ، مع بنية تتحسن باستمرار تخصيصاً للهدف المطلوب .

وهنا نتعرف على الفكرة اللاماركية (نسبة الى لامارك) ، حول الاحتياجات الخلقة للأعضاء . ولكن كتاب « زونوميا » يحتوي أيضاً بلمرة بعض الافكار الداروينية : التلون الوقائي والانتقاء الجنسي ، الخ .

وهكذا كتب ايراسموس داروين بشأن مميزات الطيور : « من المؤكد ان هذه الاسلحة لم تعط لها الالتدافع عن نفسها ضد أعداء من جنسها ، لان الاناث غير مزودة بها . والمهدف الذي رمت اليه الطبيعة ، على ما يبدو ، بوضعها هذا الصراع بين الذكور ، هو أن الحيوان الاقوى والانشط يستعمل لدجمومة النوع الذي يتكامل بهذا الأسلوب » .

وعندما انتهى القرن الـ 18 كانت التحولية قد ترسخت واستقوت . وقد استندت ، من جهة ، على الملاحظة الايجابية من قبل اختصاصيي التاريخ الطبيعي الذين بعد أن لاحظوا التنوعات بين الأجناس ، اخذوا يسألون أنفسهم الى اي مدى تصل هذه التنوعية ، ثم من جهة اخرى ، حول تأملات الفلاسفة الذين - بمقدار ما يتحررون من الوصاية التيلوجية - يشعرون أكثر فأكثر بالحاجة الى وضع تفسير عقلاني لعالم حي يحل محل نظرية الخلق المستقل للأنواع .

III - مسألة التوالد

ارث القرن الـ 17 - المناقشات بين القائلين بسبق التكوين والقائلين بتسلسل التشكيل أو التخلق المتتابع . إن الجدل الكبير التي قدمها القرن الـ 17 ، فيما يخص مسألة التولد كانت مفهوماً سبق وجود النطف . وقد قامت على أساس هذا المفهوم مدرسة بأكملها منذ سوامرمدام Swammerdam ، وبصورة خاصة منذ مالبيجي Malpighi .

إن الكائن المستقبلي قد افترض أنه موجود من قبل ، بشكل قزمي ومبتسر في نقطة غير مرئية والذي لا يحتاج لكي يولد الا للكبر والنمو .

إنها نظرية تلخي ، كما نرى ، وببساطة خالصة مسألة تكون الكائن . وكما يقول احد هؤلاء الدعاة لسبق التشكيل ، أن ما يسمى بالتولد أو الخلق ليس هو كذلك بل بداية تطور يدفع بصورة تدريجية الى بروز أجزاء كانت غير مرئية من قبل ..

وهناك نظامان متعارضان ، يقول بهما دعاة النطف السابقة الوجود : النظام الأول يضع النطفة داخل البيضة التي تنتجها الانثى (ولذا سمي بالنظام البيضاوي) ؛ والنظام الآخر يضع النطفة في الحيويون المتوي في الذكر (وهذا ما يسمى بالنظام المنوي أو الحيواني) .

فضلاً عن ذلك ، كانت نظرية النطف مقرونة في أغلب الأحيان بالنظرية الحرافية نظرية التراكب ، وعومجها تحتوي النطفة - انثى أو ذكراً ، بحسب الحال - جنيناً هو نفسه - اذا كان ينتمي الى

الجنس المتج للنفط - يحتوي على نَظفٍ أخرى ، هي بدورها تحتوي على أخريات ، وهكذا دواليك حتى اللانهاية أو ما يشبهها . . .

وقد اعتقد انصار النفط أيضاً بنظرية « الانتشار » ، وهي نظرية لا تقل غرابة وتنتشر النفط في كل مكان ، وهذه النفط تنتظر لكي تنامي ، إمكانية الولوج الى انثى او الى ذكر يأويها .

وكان كل هذا أمراً مستغرباً حتى أن الكثير من المفكرين قد رفضوا فكرة تؤدي الى مثل هذه النتائج . وقد رفضوها أيضاً لأن القول بوجود نقطة وحيدة (أو أمومية أو أبوية) ، يوقع في مشقة تفسير الأحداث المعروفة تماماً ، أحداث التشابه الثنائي الطرف . ولهذا ظلوا أمناء للطرح القديم القائل بالبدار المزودج الأبوي ، مع إنكار كل سبق وجود للنفط .

ولكن هذا الطرح بالذات لم يخل من ان يجر وراءه مصاعب خطيرة جداً . فهو قد استبعد دور البضة ، كما استبعد دور الحيوين النفطي ، وبصورة خاصة كان عليه أن يشرح كيف يمكن ، انطلاقاً من سائلين مختلفي الشكل بناء الجهاز المعقد جداً في الجنين .

والتعارض بين المدافعين عن النفط وبين دعاة التكون التدريجي النفطي قد لعب دوراً ضخماً في تاريخ البيولوجيا . وكما يحدث في أغلب الأحيان في مثل هذه النزاعات كان المعسكران على حق جزئي لكل منهما . فدعاة التشكل التدريجي ، كانوا على حق في انتقاد الفكرة الساذجة ، فكرة سبق التكوين أو سبق التشكل ، ولكن دعاة سبق التشكل يتقدمون بعض الشيء عندما يؤكدون وجوب وضع شيء كامل التنظيم في بداية التطور .

ولم يبدأ الضياء بالانتشار الا عندما ظهر ، بخلال القرن التاسع عشر مفهوم الخلية أي مفهوم البذرة الحية ولكنها الخالية من كل تشكّل بشكل الكائن المستقبلي .

اكتشاف التلقيح الذاتي - وجدت نظرية الجراثيم واحداً من أكبر وأبرز المدافعين عنها في شخص احد تلامذة ريومور Réaumur ، هو العالم الطبيعي والفيلسوف السويسري شارل بوني Charles Bonnet (1720-1793) .

فقد اشتهر بوني سريعاً في عالم علماء الطبيعة عندما اكتشف وهو ابن 20 سنة نظرية التوالد الذاتي عند البراغيت ، وهي نظرية كان قد أحس بها ليونهووك Leeuwenhoek وكان ريومور أيضاً قد حاول عبثاً أن يثبتها .

فالبرغوث المرئي بعزلة تامة منذ ولادته ، انتج 95 برغوثاً صغيراً لم يشاركه في تكوينها أي ذكر . وقد احدث هذا الاكتشاف ، الذي أعلنه ريومور أمام أكاديمية العلوم ، سنة 1740 ، ضجة ، حين جعل من البرغوث « كائناً مهتماً في عالم الفيزياء » (هالر) . فمن جهة كان لهذا الاكتشاف قيمة منهجية وفلسفية من حيث أنه يقطع في شمولية القانون العام القائم على تعاون الجنسين . وبالتالي فهو يدعو الباحثين الى عدم الاطمئنان الى التعميمات المشرعة ، والى الاستعداد الدائم لتقبل المظاهر غير

المثوقة ، ومن جهة أخرى يقدم هذا الاكتشاف حجة ذات وزن لدعاة البيضية . واصبح بالامكان بعد ذلك التعرف على أنواع حيوانية تستطيع الانثى فيها الاستغناء عن الذكر . ولم تعرف أنواع ، يستطيع الذكر فيها الاستغناء عن الانثى⁽¹⁾ . ليس في هذا أخيراً الدليل الحاسم على الأولوية التوليدية للجنس المؤنث ؟

سبق التشكل عند شارل بوني Charles Bonnet - يرى بوني ان السائل الذكري أو البذار يدخل في البيضة - اي في الجنين السابق التكوين - ويحفزه على النمو وذلك باعطاء قلبه نشاطاً بدونه لا يستطيع التغلب على « مقاومة السوائل الأخرى » . ولكن دور البذار لا يقف عند هذا الحد . فهو يحتوي على « خلايا غذائية » لها القدرة على التأثير انتقائياً على هذا الجزء أو ذاك من الجنين ، وهكذا يفسر التشابه ، الملحوظ في أغلب الأحيان بين المولود والوالد ، تشابه بارز بشكل خاص لدى الأنواع المهجنة مثل البغال التي تترث بشكل أكيد من بعض خصائص الجنس الأبوي .

مثلاً عندما تدخل منوية الحمار في جنين الفرس ، فإنه يدخل فيه خلايا من شأنها أن تكبر الأذان أو الخنجر في حين أن منوية الحصان ، اذا دخلت جنين الحمارة تدخل فيه خلايا من شأنها تطوير الذنب .

يقول بوني بوجود حيوانات في البرار ولكنه أنكر عليه اي دور في الاخصاب .

وتصورات بوني تبدو أحياناً عبقرية ، ولكنها مشوبة بتحيزه المنهجي : فمهما يجابه به من وقائع ، فإنه مصمم مسبقاً على تصنيفها ضمن سبق تشكيلته البويضية . ولكن يجب الاعتراف ان هذه السبق تشكيلية مدرجة نوعاً ما ومعدلة الى درجة أن بعض المقاطع من كتابه تبدو وكأنها تعبر عن مفهوم الخلية الحديث: «فهم عموماً من كلمة بكرة أو جرثومة» كانتنا عضوياً متناهي الصغر، بحيث أنه ان أمكن اكتشاف هذه الجرثومة في حالتها هذه ، فإننا نجد فيها نفس الأعضاء الأساسية الموجودة في الاجسام العضوية الكاملة في نوعها ، بعد كبرها وتطورها . وقد أشرت الى أنه من الضروري اعطاء كلمة جرثومة معنى أوسع بكثير ، وإن مبادئي بالذات تفترض هذا بشكل ظاهر ، وبالتالي لا تدل هذه الكلمة فقط على جسم عضوي متناهي الصغر ، بل تدل أيضاً على كل نوع سابق التكوين أصيل ، يمكن أن ينتج عنه كل عضوي ، منبثق عن مبدئه الأنثي (بالين جينييزي فيلوزوفيك) .

الجزئيات المتوية عند مويرتوي Maupertuis - أما المعارضون فلم يكونوا قلة في وجه شارل بوني ومن بينهم ، بشكل خاص نجد مويرتوي الذي ساجم ، في كتابه « فينوس فيزيك » ، وفي

(1) كان أراسموس داروين Erasmus Darwin ، بهذا الشأن أول عالم طبيعي أثبت أن التولد الفردي عند البراغيت هو من صنع الأفراد الذكور : « وربما كان من المحتمل أن الحشرات التي يقال أنها يمكن أن تنحصب لسته أجيال مثل الأفيس ... تولد ذرياتها ... بدون أم وليس بدون أب ، وتقدم بالتالي مثلاً عن «Lucina Sine concubitu» (زونوميا) .

« رسائله » ، ويعنف نظام الجرثومات ، الذي لا يتلأم برأيه ، مع نتائج التهجين بين الانواع ولا يتلأم مع وقائع الملاحظة العادية فقط ، بل يناقض أيضاً ، بعض المعلومات المتوفرة حديثاً حول إنتقال الشلوذات في النوع البشري .

واكتشف مورتوي ، بهذا الشأن ، في برلين ، اسرة (هي اسرة الجراح جاكوب روهي Jacob Ruhe) حيث تتمثل « السداسية الأصعية » من جيل الى جيل ورسم سلالة لهذا الشلوذ ، ورأى أنه « ينتقل على حد سواء من الآباء ومن الأمهات » . أليس في هذا حجة قاطعة لصالح تعاون الأبوين ، وكأنها تجربة جاهزة أجرتها الطبيعة ، لا تقل تبييناً عن التجارب التي تمى رومير إجرامها عندما زواج طيوراً من أربعة أصابع مع طيور من خمسة أصابع ؟ (فن تربية الطيور الداجنة ، مجلد 2 ، مذكورة (4) .

ولكي يثبت مورتوي من هذه الوقائع التزام النظام القديم ، نظام مزج البذارات ، حيث يدخل فيها العديد من الجزئيات التي تمثل مقتطفاً من كل الأجزاء العضوية في الجسم الأبوي . هذه الجزئيات بفعل الاجتذاب المتبادل أو بفعل « شيء ما أكبر » تتمازج لتشكل نطفة يكون كل جنس قد وضع فيها من ذاته⁽¹⁾ .

بوفون Buffon ونظرية الخلايا العضوية - وهذه الفرضية استعاضها بوفون ووسعها كثيراً فانقلت من « الأجزاء النطفية » لمورتوي الى ما سماه « الخلايا العضوية » .

وبحسب رأي العالم الطبيعي الكبير ، تكون كل الكائنات الحية من خلايا حية غير قابلة للتلف ، تمسك في مكانها وتنظم « بقالب داخلي » ، والبذاران - الأبوي والامومي - مشبعان بهذه الخلايا التي عندما تتجمع تشكل الجنين ، وهي التي ، في البذار المذكر ، تولد باجتماعها ، هذه الكرويات الحية التي هي الحيويينات المنوية .

ولكن بوفون - بالتعاون مع مصور للميكروبات معتبر ، جون توريفيل نيدهام (1781-1713) John Turberville Needham مؤلف كتاب « الاكتشافات الميكروسكوبية الجديدة » (لندن 1745 ، ترجمة فرنسية ، باريس 1750) ، طمع الى تقديم بيان مباشر عن آرائه النظرية . ودرس تحت المجهر متنبأ مذكراً ، فظن أنه يرى فيه ، ولادة حيويينات انطلاقاً من خلايا موجودة في السائل . ووسع مراقبته للمسائل المسحوقة من البند التناسلية عند الانثى - غدد سماها خصييات لا مبيضات ، لانه عزا لها ، كما لندد الذكورة ، إنتاج مني خصب منتج ، وفي هذه السوائل ظن أيضاً أنه يرى « خلايا ناشطة » كلها مشابهة للحيويينات . . . وأخيراً تفحص سوائل حيث مررت لحوم حيوانية ، وكذلك بلأور نباتية ، وشاهد فيها أيضاً ظهور مثل هذه الخلايا .

أليس في هذا البرهان على أن كل الاجسام الحية تتألف من تجمع « الخلايا العضوية » الدائمة

(١) إن دور الوراثة الأبوية يبرز أيضاً من تجارب كولروتر Kötter حول التبغ (1761) وتجارب ترمبلي Trembley حول الذرة ، الخ .

النشاط ، المستعدة دائماً للاتحاد لانتاج شيء ما عضوي ، حتى عندما لا تتوفر الظروف لتوليد شيء ؟
والواقع ، أن هذه الملاحظات كانت كلها مشوبة بالخطأ . فقد خلط بوفون بين الحيوانات المنوية
وبين الحيوانات العادية الناتجة عن الأنبثات أو التسربات ، وعلى أساس هذا الإهمال الفادح بنى كل
نظامه العظيم .

وحوالى 1760 ، ظن الفيزيولوجي الكبير السويسري ألبرت دي هالر Albert de Haller - الذي
مال في بادئ الأمر نحو التخلق التعاقبي أنه أثبت ، بملاحظاته حول بيضة الدجاجة ، أن البكرة
تنتمي إلى الدجاجة ، وأن نقطة الديك ، موجودة بصورة مسبقة قبل كل إخصاب . وقد سجل أنصار
نظرية البويضات نقطة ، وانتصر شارل بوني انتصاراً صاعقياً .

س . ف . وولف C.F.Wolff وبداية علم النطف الوصفي - إلا أن كل جهود أنصار
« سبق التشكل » سوف تتلاشى من جراء عمل غاسبار فردريك وولف Caspar (1733-1794) Friedrich Wolff ؛ فقد تتبع وولف بصبر وأناة تحت المجهر نمو الفروج ، وبصورة خاصة ، تكون
الأوعية الدموية ، ورأها تتشكل انطلاقاً من ثغرات محفورة في جدار البلاستولة . وقد
لاقت استنتاجاته التي عرضها ضمن كتابه : « نظرية الخلق أو التوالد » (1759) تأييداً بعمل لاحق
(التكون الداخلي De Formatione intestinorum) (1768) حيث بين بدون لبس أن أمعاء
الفروج يتولد من شفرة (صفيحة) انفصلت عن القسم الأسفل من النطفة ، ثم تكورت بشكل
ميزاب لتتسكر بصورة تدريجية بشكل أنبوب .

وإذا فالاعضاء ، ليست سابقة التشكل : إنها تتشكل بصورة تدريجية ، أثناء النمو . إن عملية
التشكل التدريجي قد أثبتت .

وليس من الاسراف القول ان عمل وولف سجل بداية علم النطف الوصفي . وعلماء الطبيعة
بعد أن اجبروا على التخلي عن الفكرة الساذجة والكسولة فكرة سبق التكوين ، سوف يهتكفون على
التفحص الدقيق والتفصيلي لمعاملات معقدة ومتنوعة هي الولادة النطفية الحيوانية ورغم ذلك ظلت
مسألة تشكل الكائن مطروحة بشكل كامل تقريباً . فإذا كان هناك تخلق تدريجي (epigénèse) فعلي ،
فهل يكتفي ، لهذا ، بنظام البدارات ؟ اليس للبيضة وللحيويين دورهما ؟

سنداً لـ وولف ، يتم النمو النطقي تحت تأثير قوة سرية (Vis essentialis) مكلفة بتنظيم المادة
الحية ؛ وهنا يتاح المجال واسعاً أمام بوني ليعترض : « إذا لم يكن هناك تكوين مسبق في المادة التي
تنظمها القوة الاساسية ، فكيف يمكن حل هذه القوة على إنتاج حيوان بدلاً من نبتة ، أو على إنتاج هذا
الحيوان بدلاً من ذاك ؟ ثم لماذا تنتج القوة الاساسية ، في مكان ما عضواً ما بدلاً من عضو آخر ؟ »

لا شك أن دعاء التخلق التدريجي كانوا على الحقيقة ، عندما استندوا على الملاحظة المباشرة ،
فاكدوا على التشكل التدريجي في النطفة ، ولكن إذا كان لا بد من تأويل هذا التكون ، فإنهم لا يمكنهم

التخلص من المازق الا باللجوء الى مفاهيم غامضة عارية من كل قيمة تفسيرية : الجاذبية عند موبرتوي ، القلب الداخلي عند بوفون ، القوة الاساسية عند وولف . . .

سبالانزاني والدراسة التجريبية حول التخصيب (Fécondation) - دخل التوالد الحيواني مع البيولوجي الايطالي لازارو سبالانزاني Lazzaro Spallanzani (1729-1799) مرحلة جديدة ، لان هذا العالم ، الذي يعد من بين عطاء الفيزيولوجيين في عصره ، قد شرع بدراسة تجريبية للاخصاب عند بعض الحيوانات (الضفادع ، العلاجم) التي تؤهلها طريقة تناسلها (تخصيب خارجي) بصورة خاصة لهذا النوع من البحوث .

ورغم أن سبالانزاني Spallanzani قد ظن سنة 1768 انه قدم ، بفضل ملاحظاته ، حجة قوية لصالح النظرية السبق - تشكيلية ، والبيضية ، إلا أنه يبقى ، نسبياً ، ذا عقلية ضعيفة في التنظير ، وقد حاول بشكل خاص أن يجمع الوقائع التي تجعلها معرفتها متحكماً بالظواهر المدروسة .

لقد جرب حول الضفدع ، وبدا يتأكد بأن البيضات - التي ليست في نظره إلا شرغوفات ، غير مرئية ، غير نامية - لا تنمو ابداً ان هي تركت - بعد سحبها من رحم (Uterus) الانثى - لوحدها ؟ ومن هذا يمكن الاستنتاج بثقة أن الاخصاب يقع في هذا النوع ، كما استنتج سوامردام Swammerdam وروزل Roesel .

وبعد تسريح هذه البيضات العذراء باليدار ، فقد يمكن ، بدون شك ، احداث الاخصاب ، ولكن كيف يمكن الحصول على السائل المخصب ؟ من اجل هذا عمد سبالانزاني الى تزويج صفادع اناث مع ذكور كساهها بنوع من الاكياس الحافظة - وهي تجربة حاولها عبثاً روميرونولي - وكما توقع ، وجد في الحفظات ، بعد البيض بعض نقاط من سائل شفاف . فبلل به بعض البيوض العذراء ، رآها فيما بعد - وبفرح عظيم - تنمو وتعطي دويكات (يرقات) تشبه تماماً تلك التي تتولد من الاخصاب الطبيعي . وهكذا حقق أول عملية أنسال (تعشير = تخصيب) اصطناعي في المختبر ، وهي تجربة سوف تشكل منعطفاً في حويلات البيولوجيا . إن الانسال الاصطناعي للاسماك قد تحقق قبل ذلك بقليل على يد جاكوبي Jacobi (1763) ، وسنداً لبعض المؤلفين ، ان أنسال الخيول قد قام به العرب منذ زمن بعيد .

وبعد ذلك بقليل حقق سبالانزاني ، ضمن ظروف مراقبة وسيطرة لا غبار عليها ، الانسال الاصطناعي لدى الكلبة . وفي سنة 1790 ، طبقت الطريقة الجديدة من قبل ج هنتر J.Hunter على الجنس البشري (واعلن عنها سنة 1799) .

وقد جرب سبالانزاني ايضاً ، هذا الاسلوب في محاولات تهجينية ، كانت بالطبع غير مثمرة ، بين الهر والكلبة . ولكنه استغل تماماً اكتشافه ، وبشكل خاص لكي يحدد بوضوح ، ملحوظ تماماً ، بالنسبة الى ذلك الزمن ، شروط الاخصاب لدى البرمائيات .

ويعد الفضل الى سبالانزاني - بتوجيه وتصيحة شارل بوني في أغلب الأحيان خلال عمله -

بجملة من التجارب الجيدة الخيال الجيدة في إدارتها وترابطها ، وعلى العموم ، في تفسيرها . فقد أوضح دور الغشاء الملامي الذي يحيط بالبيضة ، وبين إمكانية تجميع - الى اقصى حد - البذار دون حرمانه من خصائصه الانجابية ، كما درس المقاومات المتشابهة في البيض والبذار عند تغير درجة الحرارة ، واثّر التجميد واثّر مختلف المواد الكيميائية ؛ وقد جرب التدرجات المتنوعة عند أنورس Anoures وعند أوروديل Urodeles الخ .

ويتجرية حاسمة هدم نظرية الانجاب من بعيد (Aura Seminalis) : ان الاتصال المباشر بين البويضات والملي ضروري أيضاً حتى يتخصب هذا الأخير تلك .

وبين ان الخصائص الانجابية في المني تزول عندما يصفى من خلال عدة أوراق نشاف . ومن هنا استطاع سبالانزاني ، وإن لم يؤخذ بالنظرية البيضية المسبقة ، لأول وهلة ، ان يستنتج ان الحيوانات المنوية ضرورية لتخصيب البيضة .

وهذه الحيوانات المنوية قد درسها بعناية ولمدة طويلة حوالي سنة 1770 . وكان يعرف أنها موجودة في كل مفي طازج ، وإنها لا تتكون ، كما يزعم بوفون ، على حساب « خلايا عضوية » ؛ بل إن المسألة المتعلقة بدورها الانجابي غير مطروحة بالنسبة إليه ، لانه ، مثل بوني لا شك أن البيضة ليست جنيناً ولا شرغوفاً يحتاج الى مبدأ إذكاء وتحفيز يقدمه المني .

وهذا الانحياز للنظرية البيضية هو الذي منع سبالانزاني من فهم إحدى تجاربه الأكثر وضوحاً وهو الذي أوحى له أيضاً ، وبالمقابل ، بالمحاولات الأولى حول التوليد العذري الاصطناعي . ولأن المني لا يلعب إلا دوراً تحفيزياً ، فإن هذا الدور ألا يمكن أن يقوم به عامل فيزيائي مثل السائل الكهربائي أو مثل مطلق مادة مسحوبة من حيوان أو من نبات (سُم السمندل ، أو عصارة الليمون الحامض الخ) ؟ ولم يحصل سبالانزاني عن هذا الطريق ، على أية نتيجة ، ولكن الفكرة التجريبية ، وإن أوحى بها خطأ ، فقد ساعدته في المستقبل بحيث بدت عظيمة الجدوى .

IV - التجدد الحيواني

يرتبط بعملية الخلق الحيواني ، وبصورة مباشرة أمر التجدد أي إعادة تكون الأجزاء المفقودة من جسم الحيوانات . فمنذ 1712 ، لاحظ ريويمور ان السرطعون يعيد تجديد قوائمهم عندما تكسر أو تقطع ، وقد وصف بعناية مراحل هذا التجدد .

تجارب ترمبلي Trembley - ولكن الاكتشاف المهم ، في هذا المجال كان اكتشاف إبراهيم ترمبلي Abraham Trembley (1710-1784) الذي كشف في سنة 1740 عن القدرات المعجائية التوليدية التجديدية لدى حيوان صغير جداً معروف في الحفر وفي المستنقعات هو : بولب Polype المياه الحلوة أو الهلدة . لم يكن ترمبلي ألا هاوياً في التاريخ الطبيعي ، وبحكم أنه مجرد فضولي إهتم بادیء

الامر بهذه الدويبة . وقد شك في أن يكون امام حيوان أم امام النبات ، فقطع بولبات Polypes ليرى هل بإمكانها ان تتجدد من فسانلها ، مما يثبت طبيعتها الحيوانية . وبالفعل ، رأى أنها تتجدد ، وعندما دقق النظر ، وراقبها في حركاتها ، وفي طريقة غذائها وفي اسرها لطرأتها الصغيرة ، عرف أنها تنتمي الى عالم الحيوان ، ويعدها تابع بمواظبة بحوثه . واستمر على هذا طيلة أكثر من 3 سنوات . ووضع بينحوته كتاباً سماه « مذكرة في خدمة تاريخ نوع البولبات في المياه الحلوة ، ذات الازرع بشكل قرون » (1744) ، وأوكل التصوير الى ليوني Lyonet الشهير .

وأبرز ترمبل Trembley في كتابه ان البولب اذا قطع الى اجزاء ، فإن كل قطعة تعيد تشكيل بولب كامل ، وايضاً أن بولين يمكن أن يندجا أحدهما في الآخر ، وأخيراً أن بولباً واحداً ، دون أن يهلك يمكن أن يقلب كما يفعل بأصبع القفاز .

وأحدثت هذه التجارب ذات الالهام الاصيل والتنفيذ البارع ضجة بين علماء الطبيعة . فبعد التوليد الذاتي أو العذري في البراغيث جاء افسال البولب كعجبية جديدة من عجائب الطبيعة . عجيبة سوف تساهم من جهتها في توسيع أفكارنا حول الحيوانية . وهناك عجيبة أخرى وهي القدرة على الانبعاث ، اكتشفها نيدهام Needham لدى الانقليسيات (الخنكليس) (1745) . وقد درسها سبالانزاني في الدوليات الدودية وفي العناكب المائية المفصليّة ذات الثمانية أرجل .

النقاش حول التجدد الحيواني - سرعان ما تأكدت اكتشافات ترمبلي من قبل باكرودوسومور وآخرين⁽¹⁾ ، فجلبت الانتباه حول القدرة على التجدد الحيواني ، المنتشر أكثر مما يظن لأول وهلة . فقد كشف شارل بوني وجود هذا التجدد لدى بعض دودات المياه الحلوة . كما اكتشف سبالانزاني 1768 هذه القدرة عند دودة الأرض وعند الحلزون - الذي بعد أن يُقطع ، يستطيع أن يجدد رأسه وخطمه ومجساته وعينيه - وحتى عند سمندل الماء أو التريتون ، الذي يستطيع أن يجدد أرجله الاربعة كاملة مع كل هيكلتها الداخلية وعظامها وعضلاتها وأعصابها . . .

وبصورة خاصة أثارت مسألة تجديد الرأس عند الحلزون نقاشاً حاراً . فتكون معسكران مؤيد وممكر . واشترك فولتير Voltaire في النقاش ، وأخذ يقطع رؤوس القواقع التي عثر عليها في بستانه في فرني Ferney .

1 وحول موضوع التجدد - كما حول موضوع الخلق أو التكوين - نجابه ، مرة أخرى الاسلوبيان

(1) كان فولتير شكاكاً ، حتى من غير لزوم . فنازع في حيوانية البولب : « هل ثبت أن عديسيات المياه التي سميت بولب المياه الحلوة هي حيوانات حقاً . إني أشك كثيراً بعيني وبصيري ، ولكني لم أستطع أبداً ، حتى الآن ، أن أرى في هذه البولبات إلا أنواعاً من الأسل الدقيق ، أخلت عن الطبيعة الأحاسيس . . . ومن المستحسن الشك أيضاً . . . أن الحقيقة لا يمكن إلا أن تستفيد من الإنتظار » (غرائب الطبيعة ، 1768) .

الاساسيان في تصور عمليات التكون العضوي : سبق التكوين ، أو التشكل المتتالي .

وأثار تجدد الاجزاء الناقصة نفس الصعوبات التي أثارها انتاج حيوان بأكمله .

ورأى شارل بوني ان لا وسيلة الى الحرب من فرضية « البذار » السابقة التكوين والتي لا تتوجد فقط في الميضايات بل في هذا أو ذاك من اجزاء الجسم .

ويصدد موضوع البولب ، حيث يمكن ، في كل الجسم ، أن يتم تولد جديد ، تكون البذار مزروعة في كل مكان . وجسم البولب مكون ، كما يقال « من تكرار ما لا حصر له من البولبيات الصغيرة ، التي لا تنتظر لكي تظهر الى الوجود الا الظروف المواتية » .

أما التوالد أو التجدد الجزئي (كما عند الديدان) فالمسألة تطرح ما اذا هذا التجدد يتأمن بفضل بذار تتضمن كل عناصر الجسم ، وبعضها فقط ينمو ، أم بفضل بذار تحتوي فقط العناصر الوحيدة المدعوة الى النمو . حول هذا لا يقطع بوني برأي ، ولكنه يميل نحو فرضية القوة الجزئية :

« لا أرى اي مانع يحول دون افتراض وجود - في هذه الانواع من الديدان - بذار أجزاء سابقة وبذار أجزاء لاحقة . إن هذه الفرضية تبدو لي عرضة لمصاعب أقل من مصاعب نظرية تعطيل جزء من البذرة .

وفي رجل السرطعون ، يتصور بوني عفوياً وجود سبحة من البذار ذات طاقات تنازلية : « توجد في كل قائمة من قوائم السرطعون سلسلة من البذار تحتوي جزئياً اجزاء مشابهة للاجزاء التي نشأ الطبيعة استبدالها . وإني أتصور اذن أن البذرة الموضوعة عند أصل القائمة القديمة تحتوي على قائمة كاملة أو خمسة مفاصل ، وإن البذرة التي تليها مباشرة تحتوي قائمة ليس فيها إلا أربعة مفاصل . وهكذا بالنسبة الى الاخريات » .

وإنه بعد هذا وزيادة عليه ، يمكن للقائمة الجديدة ، بدورها أن تتجدد بعد القطع ، ومن الواجب تماماً الافتراض ان هذه القائمة ، الشبيهة بالقديمة في كل شيء « تحتوي ايضاً بذاراً مخصصة لنفس الأغراض ، وإن تراكب هذه البذار بعضها في بعض لا يخيف إلا الخيال » . وهنا ايضاً ، وكما يبدو ، يصطدم التفسير السابق - تشكلي ، الذي يستدعي بالتالي الفرضية الكارثية فرضية التراكب ، بمصاعب لا يمكن تذليلها . وقلنا كانت هذه المصاعب أقل بالنسبة الى دعاة الخلق التدريجي الذين لا يستطيعون تفسير تجديد الاعضاء المفقودة الا بالاستعانة « بتكوين ميكانيكي » او باختراع قوى خفية في الخلق والتكوين ، من اجل دهم نظريتهم .

٧ - نشأة المسوخ

تعود الدراسة العلمية للكائنات الشاذة او الممسوخة ، في تاريخها ، الى النصف الأول من القرن الثامن عشر . في تلك الحقبة كانت المعتقدات المسبقة قد زالت تقريباً فيما يتعلق بدور الجن ، أو تدخل

الاله في خلق المِسوخ . واصبح هؤلاء يُصنفون ويدرسون بدقة ، سواء في شكلهم الخارجي أم في بنيتهم الداخلية .

وجرت محاولات من اجل تصنيفهم ، ويبدأ بفهم جدوى دراستهم من اجل فهم ظاهرات النمو الطبيعي .

وفيما خص نشاطهم كان الرأي العام منقسماً بعمق ، إما لوجود الاعتقاد بوجود بذار في أصلها مشوهة ، وإما بتفسير المِسوخية بتأثير أسباب عارضة (ضغط ، امراض ، انفعالات أمومية ، الخ ،) عملت وأثرت في النطفة أثناء نموها . وحول هذا الموضوع وقع نزاع كبير عرف تحت اسم « صراع المِسوخ » ، حوالى 1740 ، أمام أكاديمية العلوم في باريس : وهذا النزاع تخصم فيه ل . ليميري L.Lémerي ، وهو من أنصار الاسباب العارضة ، مع Winslow ونسلو وهو من أنصار « النشأة العجيبة » . وهذا الجدل ، الذي خدم كثيراً علم عجائب المخلوقات الناشئة ، حين أجبر علماء التشريح على تعميق دراسة البنيات غير الطبيعية ، استخدم كل أنواع الحجج ، والتي لم تكن فقط من النوع العلمي . فقد سمح خصوم البذار المِسوخة لانفسهم باستخدام اللاهوت لمصلحتهم : أليس من المثير ومن الكفر الزعم بأن بذاراً مشوهة أو ممسوخة يمكن أن تصدر مباشرة عن يد الخالق ؟

ومن المدهش أن الرأي المتكون حول خلق المِسوخ كان الى حد ما مستقلاً عن الرأي المتكون حول اوالية التوالد .

وإذا كان بوفون وهو من أنصار نظرية الخلق التدريجي قد نازع حول وجود البذار المِسوخة ، وإذا كان هالر Haller وهو من المؤمنين بسبق التشكل ، قد أكد ، في كتابه « المِسوخ » حقيقة هذه البذار ، فإن بوني بالمقابل ، رغم إيمانه بسبق التشكل وإصراره عليه ، كان من القائلين بالاسباب العارضة .

VI - الخلق المفاجيء

مسألة الحيويونات - بعد أعمال ريدي Redi وأعمال فاليسنيري Vallisnieri الخ . بدت مسألة الخلق المفاجيء شبه محلولة فيما يتعلق بالكائنات المنظورة مثل الديدان والحشرات . ولكنها بقيت مطروحة وبشكل مزعج جداً ، بالنسبة الى الكائنات الميكروسكوبية ، وبخاصة الى حيويونات النقع .

إذا تسرب الى الماء بذور نباتية أو أية مادة عضوية ، فبعد عدة أيام ، شرط أن يكون الطقس معتدلاً نوعاً ما ، يتعكر السائل : وإذا فحصت منه نقطة تحت الميكروسكوب تظهر فيه كميات لا حصر لها من الخلايا الحية تتراقص . وهذه الخلايا يستحيل عدم إعطائها اسم حيويونات .

من اين أتت ومن اين يمكن أن تأتي هذه المنفثات أو النقيعات من الكائنات الحية التي يمكن أن

تشكل في كل مكان وبشكل مفاجيء وسريع ؟ هل هذه الكائنات انبثقت عن المادة الفاسدة بمجرد عملية خلق مفاجئة ؟ ام يجب القول انها صدرت عن جراثيم غير منظورة ، موجودة في كل مكان ، ومستعملة دائماً لان تنمو ، بمجرد ما يتلوث المكان ؟ .

هنا أيضاً يقع خصام دعة التكون التدريجي ودعاة الجراثيم : فدعاة التكون التدريجي قلما يرون صعوبات في أن تتكون الحيوينات بشكل ميكانيكي أو بفعل القوة الخفية - قوة إنباتية حسب قول نيدهام Needham مثلاً - على حساب عناصر موجودة في الوسط .

وبالعكس يرى أنصار الجراثيم ان هذا التكون غير ممكن وانه كارثة بالنسبة الى الدهن . فهم يرفضون أن تعامل الحيوينات ، « كهجناء الطبيعة » أو لقطائها ، وانها بسبب صغرها ، تستبعد من قانون الخلق الشامل الذي يعطي لكل كائن حي ايوين يشبهاته .

انصار الخلق المفاجيء - في معسكر الفجائيين وجد أمير المصورين الميكروسكوبيين (Micro graphie) و . ف. مولر O.F.Muller وهو اختصاصي كبير في النقاعيات كما وجد أيضاً بوفون Buf-fon الذي كان يزايد حتى حول الفجائية العادية ، لانه قال بالخلق الفجائي لا بالنسبة الى الكائنات الميكروسكوبية ، وبالنسبة الى قاطوعيات الطحين ودود الحبل ، بل أيضاً بالنسبة الى الكثير من الحيوينات المرية ، والعالية التنظيم العضوي نسبياً .

وهو يرى ، بهذا الشأن أن كل كائن حي مكون من خلايا عضوية : وعند موت اي حيوان كبير ، تتحرر هذه الخلايا وتنمت وتنتج حيوانات صغيرة : مثل دود الأرض والدوبيات والسُرفات والديدان على أنواعها أو حتى النباتات مثل الفطر .

وإذا كانت الخلايا العضوية في حيوان حي زائدة عن الزوم ، فإنها تنتج في الحال تنبينا ودود البطن والدنف والدود على أنواعه والبراغيث الخ . وليس في هذا أقل من العودة إلى أفكار أتاناز كيرشر ...

كتب بوفون يقول « دلت تجاربي بوضوح أنه لا وجود مسبق للجراثيم ، وانه بذات الوقت ثبتت هذه التجارب أن خلق الحيوينات والنباتات ليس خلقاً احادي الطرف (Univoque) : ربما يوجد كائنات اما حية واما نباتية ، كثيرة تتكاثر بفعل الاجتماع العرضي بين الخلايا العضوية ، بمقدار ما يوجد من حيوانات ونباتات يمكن أن تتكاثر بسلسلة متتالية وثابتة من الاجيال ... إن الفساد والتفكك في الحيوينات وفي النباتات يحدث عدداً لا نهاية له من الاجسام العضوية الحية والنباتية » .

اعداء الفجائية - من بين المعارضين لنظرية الخلق الفجائي يقف رومور وشارل بوني الخ : وكتب هذا الاخير يقول « ان الطبيعة الكاملة تتصرف ضد الاجيال الملتبسة الغامضة Equivoque ... أنا أعلم أننا يجب أن نفق حلزيرين ضد القواعد التعميمية ، ويبدو لي اني اثبت ذلك بقدر الكفاية . ولكي أعلم أيضاً ان الاستثناءات يجب أن تبين وتثبت بدقة لكي تقبل ، خصوصاً

عندما تصدم القانون الأكثر شمولاً ، والاكثر ثباتاً والذي لا يتغير من بين كل القوانين التي نعرفها . .
وعندما يُلجأ من اجل تفسير ظهور بعض الحيوينات في سائل ما الى القوى « المحدثة » او المنتجة ،
ولى القوى « الإنبائية » ، الا نضع الكلمات مكان الأشياء ؟

ما هي الفكرة المتكونة لدينا عن هذه القوى ؟ ، وكيف نتصور أنها تنظم المادة وإنها تحولها من
خلايا غير حية الى كائنات حية ؟ لقد ضحكنا من ابيقور Epicure ، الذي بقى كونا من الذرات : اما
صنع حيوان من عصارة الحاروف ، الا يعني هذا خرق الفلسفة السليمة ؟ .

تجربة نيدهام Needham وانتقاده من قبل سبالانزاني Spallanzani - يشير بوني ، عبر هذه
الجملة الاخيرة الى تجربة حققها نيدهام Needham حوالى 1740 ، وكانت بعد التمهيص صعبة
التأويل بالنسبة الى انصار الجرثومات . فبعد أن سد بالقطن أنبوباً. يتضمن عصارة الحاروف ، سخن
نيدهام الأنبوب في رماد حار بشكل اعتقد أنه كافٍ لقتل كل الجراثيم التي كان يمكن أن تكون فيه .
ولكن ، رغم هذا التسخين الذي يفترض به أن يؤمن ما نسميه اليوم بتعقيم السائل ، ظهرت فيه
حيوانات بكثرة . اليس في هذا دليل على أنها تتوالد توالداً فجائياً على حساب المادة المبتوة ؟ .

وقد انتقدت هذه التجربة بحدة ، بل وتعرضت للهزه من قبل خصوم الفجائية الذين أقاموا
ضدها كل انواع الاعتراضات النظرية . ولكن كان لا بد من انتظار جيء سبالانزاني حتى يرد النقاش
أخيراً الى اوضاع التجريبي الذي لم يتركه النقاش بعد ذلك أبداً وفي حوالى 1770 أثبت سبالانزاني أن
تجربة نيدهام تتضمن سبباً مزدوجاً للخطأ . أولاً ، ان الانابيب لم تسكر تماماً بالقطن . ثم أن زمن
التسخين ودرجة الحرارة لم يكونا كافيين لتأمين القضاء على كل الجراثيم . وانه اذا كررت التجربة في
شروط مختلفة ، ومع اخذ الاحتياطات المتزايدة التي تتيح منع دخول اي جرثومة من الخارج ، فإن
النتائج تكون مختلفة تماماً : فالسائل لا يتعكر ولا يعود مملوءاً بالحيوانات .

لا شك أن المسألة لن تحل بهذا الشكل ولكن نيدهام لم يعترف أبداً بالهزيمة أمام البيولوجي
الاطالي . فنقاش وخاصم قيمة التجربة المعدلة بهذا الشكل . وزعم أنه عند تحمية المادة المبشوة
والاسراف بذلك ، فاننا نقضي على القوة الإنبائية فيها، وزعم أننا عندما نغلب الطبيعة « فاننا نجبرها
على أن تتسلسل خطأ » . فأجاب سبالانزاني بدوره بتجارب جديدة أكثر فأكثر دقة ، وأكثر فأكثر احراجاً
لنيدهام والفجائيين .

وحق عند هذا الحد لم نحسم القضية بوضوح . ولا يمكن أن نحسم في ذلك الحين ، حيث كان
الجهل شبه شامل حول شروط حياة الحيوينات ، وبخاصة حاجتها الى الاوكسجين . ولكن إذا كانت
تجارب سبالانزاني قد تركت حتى بعض أسباب الخطأ فهي رغم ذلك لم تكن أقل صحة وجمالاً في
مجملها : فقد كانت عبقرية في تصورها ورشيقية في قيادتها ، بالمقدار الذي يمكن أن تكون عليه من
خلال المأرف والتقنيات المتوفرة ، فقد كانت مدارة بحس سليم وكانت تهدف إلى إثبات فرضية سوف
يكشف المستقبل عن منتهى خصوصيتها .

لقد كان تاريخ البيولوجيا كله في القرن الثامن عشر محكوماً بالجدل الذي كان يضع وجهاً لوجه أنصار سبق وجود الجرثومات (البذار) وأنصار الخلق المتتالي .

وهنا يوجد حقاً تياران أساسيان فكريان . وهذان التياران يتحكما بموقف العقل تجاه ثلاث مسائل رئيسية في البيولوجيا : مسألة تشكل الكائن ، ومسألة تشكل الأنواع ، ومسألة تشكل الحياة .

لقد كان أنصار سبق وجود الجراثيم بالضرورة ضد الفجائية ، وكانوا عموماً ميالين الى ثبوتية قاسية . أما القائلون بالخلق المتتالي أو التكون المتتالي فقد كانوا فجائيين وكانوا عموماً ميالين الى تحولية واسعة نوعاً ما .

وقد لعب الطرفان دورهما في تقدم الافكار اذ نستطيع القول اليوم أن البيولوجيا قد أثبتت نظرية التكون المتتالي ، وحافظت بذات الوقت على فكرة الجرثومة العضوية ، وإنها اكدت على الفرضية التحولية ، مع الابقاء على ثبوتية تقريبية فيما يتعلق بالطبيعة الحاضرة ، وإنها اي البيولوجيا قد ثبتت اللافجائية ، مع عدم استبعادها إمكانية التشكل الفجائي في الحياة في ماضٍ سحيق وبعيد .

الفصل الثاني :

الفيزيولوجيا الحيوانية

حض ليبنيز Leibniz ، وهو يمرر سنة 1700 نظام الجمعية العلمية في براندنبورغ ، والتي تصبح اكااديمية بروسيا المستقبلية ، حض هذه الجمعية في أعمالها على عدم إهمال العمل من اجل الفضول فقط : « إن على هذه المؤسسة أن تفكر بالعلم والتطبيق المفيد ، بأن واحد وذلك بتخيل اشياء يمكنها مجتمعة أن تشرف مؤسسها الشهير وتفيد الناس . ان عليها أن تجمع بين التطبيق والنظرية » .

والقرن الثامن عشر ، عصر الأنوار ، هو أيضاً عصر التقدم وبالدرجة الأولى تقدم التقنيات . وأعطاه ليبنيز معناه ، وبذات الوقت أعطى كلمة الأمر للجمعية العاملة التي سوف تنور هذا القرن ، بالمنافسة مع الجمعيتين اللتين يعود تاريخ تأسيسهما الى القرن السابق وهما الجمعية الملكية وأكاديمية العلوم .

عوامل جديدة في البحث - وبدا التجريب ، وبخاصة في الفيزياء والكيمياء ، مرضياً بالنسبة الى الحاجة المزدوجة : الاختراع والتطبيق . فالبحوث المتعلقة بالحرارة والكهرباء ، وتغيرات الحالة الفيزيائية ، والمؤالقات الكيميائية ، وتفكك المادة ، والاحتراق والتأكسد ، بعد تجاوزها ميدانها الاساسي الى ميدان الفيزيولوجيا ، قدمت لها حلولها ، وأثارت فيها مسائل جديدة . وهناك عوامل فيزيائية جديدة ، والكهرباء خاصة ، استخدمت لوصول الضوء أو الحرارة كحدود عمالة تفسيرية للقوى الحيوية .

إن تحديد مختلف أنواع الهواء اي الغازات - الكيمياء المسماة هوائية - قد اعطى محتوى ايجابياً لفهوم المبادلات بين الجسم العضوي والبيئة ، وجاء بضع حداً للخصومة ، التي كانت حتى ذلك الحين نظرية خالصة ، بين الاطباء الميكانيكيين والاطباء الكيميائيين ، لصالح هؤلاء الاخيرين . وأنشأت الآت جديدة في الفيزياء ، مثل الترمومتر أو الكالوريمتر ، تحديد ثوابت بيولوجية جديدة . في سنة 1715 ، استطاع فهرنهايت ، وتبعه «يومور Réaumur سنة 1733 ، ان يحمل الصعوبات التقنية التي اعاقبت بناء ترمومترات حساسة وأمنية . وفي سنة 1780 استطاع لافوازيه Lavoisier ولا بلاس L. a. place بناء آلة الثلج التي تتيج قياس كميات الحرارة .

ولذا لا مجال للمعجب من أن ، باستثناء الدراسات حول وظائف الجهاز العصبي ، غالبية

الاكتشافات أو التحقيقات الايجابية للفرضيات الفيزيولوجية، كانت، في القرن السابع عشر ثمرة أعمال، إن لم يكن الهواة فعلى الأقل الباحثين الغرباء عن الطب، أمثال هالز وريستلي أو لافوازييه أورومور أو سيلانزاني Hales, Priestley, Lavoisier, Réaumur, ou Spallanzani .

وبالمقابل بقي تعليم الفيزيولوجيا بالذات من اختصاص أساتذة الطب . وظلت كتب الفيزيولوجيا، في النصف الأول من القرن على الأقل، وتحت اسم مؤلفين سماهم دارميغ ونوبرجر Daremberg, Neuburger « المنهجين الكبار »، بورهاف Boerhaave (1668-1738)، ستاهل Stahl (1660-1734) وهوفمان Hoffmann (1660-1742)، جزءاً متبعاً من كتب الطب. إن « النظم الطبية » (1708) لبورهاف Boerhaave لم تغير عنوانها إلى اسم « فيزيولوجيا » إلا في سنة 1734 في الترجمة الألمانية على ج. ب. إبرهارد J.P. Eberhard. إن هالر Haller وقد سبقه ف. هوفمان F.Hoffmann الذي، بعد أن عالج الفيزيولوجيا في كتابه « الطب الاساسي » (1695)، نشر « الفيزيولوجيا الاساسية » سنة 1718 - هو الذي اعطى أصلاً عنوان « فيزيولوجيا » لكتاب عرضت فيه وظائف الأعضاء مستقلة عن كل اعتبار لوصف الامراض والاستطباب (بريما ليتا فيزيولوجيا 1747؛ المتناظريولوجيا كوربوري هوماني، 8 مجلدات، 1757-1766).

وتتكون لدينا إذا فكرة غير كاملة تماماً لأنها أكاديمية خالصة، عن الفيزيولوجيا في القرن الـ 18، آخذين بالاعتبار فقط الكتب المعالجات أو الكتب الوسيطة المعتمدة في تلك الحقبة، ويبدو غريباً أن يغفل كابانيس Cabanis - وهو يقوم بجرعة في سنة 1804 هذه الفيزيولوجيا الجديدة - أن يغفل الإشارة إلا إلى كتب وأعمال الأطباء فقط رغم أنه عرف كيف يرى في « العلوم الجانبية التي تقرضنا دائماً، أو انصواء مباشرة أو أدوات جديدة »، كيف يرى أحد أسباب تفوق الطب الجديد.

وفضلاً عن ذلك، وأخيراً، ومن أجل التقييم - في ضوء علاقات أخرى غير علم البيان والفلسفة - تقييم أهمية كل من هذه الفيزيولوجيات المنهجية، نضطر إلى مقارنة كفاءات مؤلفيها خارج المجال الجامعي. لا شك أن أحداً غير بورهاف لم يجتذب إلى مدينته التي كان يعلم فيها، وهي ليد Leyde، العديد من الطلاب والأطباء بحيث توجب هدم جدرانها حتى يتم داخلها بناء مساكن جديدة. ولكن قد يمكن أن يكون ستاهل، المنتقد بغير وجه حق يومئذ وبعده، من أجل « أحيائيته » - وهي ردة فعل سليمة أساساً ضد تجاوزات الميكانيكيين المضحكة - أكثر أهمية من بورهاف بسبب الإلهام الكيميائي الخالص في نظرياته. والاهتمام الذي أولاه لتضاعفات التخخير جعل انتباه البيولوجيين مسلطاً على ظاهرات أقامت، عبر أعمال لينينغ Liebing وباستور Pasteur، جسراً بين الكيمياء شبه المعدنية والكيمياء العضوية.

وفي الأساس، وفي ظل ظاهرة تقدم الفيزيولوجيا، بقي القرن الـ 17 والقرن الـ 18 متشابهين: فهما معاً عصر اكتشاف كبير، اكتشاف هارفي Harvey، الذي بدأ به القرن تقريباً، في حين ختم باكتشاف لافوازييه تقريباً. الأول لم يُدخل نموذجاً ميكانيكياً إلا لوصف ظاهرة في حين أن

الاكتشاف الثاني ادخل نموذجاً كيميائياً من اجل تفسيره . ان اكتشاف لافوازيه هو تاريخياً لاحق ولكنه علمياً ليس بالاقبل .

ويجب ، على ما يبدو ، البدء خلافاً للعادة ، بجدول للفيزيولوجيا في القرن الثامن عشر ، مع الاشارة الى المعارف الايجابية التي يدين بها هذا العلم لمساعدة الكيمياء اياه .

I - التنفس

نطرح وظيفة التنفس مسألتين : مسألة ميكانيكية ، كيف يدخل الهواء الى الرئة ؟ والاخرى كيميائية ، كيف يقوم امتزاج الهواء والدم ؟

الاعمال الاولى - لقد تلقت المسألة الاولى جواباً مرضياً بصورة جزئية من بورلي Borelli ، الذي بين عن وجود العوامل التي تنشط تغيرات حجم القفص الصدري في العضلات القائمة بين الاضلاع .

لقد اقترح ديكارت Descartes سابقاً في « كتاب الانسان » تفسيراً من هذا النوع . ولكن سوماردام Swammerdam استنتج منه - بتفسير خاطيء لهذه النقطة بالذات ، وإن انطلاقاً من المبدأ الديكارتى المتعلق بالحاجة ، في عالم ممتلئ ، الى المسار الدائري لكل حركة - نظرية تعطي لتمدد التجويف الرئوي الضغط المضغوط من الخارج ، على طبقات الهواء المجاورة للأنف والفم . وبعد موشنبروك ودانيال برنولي وهمبرغر Musschenbroek, Daniel Bernoulli, Hamberger ، اقترح هالر Haller في كتابه « تشريح التنفس العملي » ، (1746-1747) تفسيراً صحيحاً لميكانيك التنفس وبصورة خاصة للفضاء المحيط بالرئة .

أما المسألة الثانية فلا تمكن الاشارة ، بين المحاولات الحلولية الكثيرة ، إلا الى المبادئ . فعلى اثر أعمال روبر بويل Robert Boyle (نوكا اكسبريمتا 1669) اعتقد مايو Mayow ، حوالي 1674 ان نفس الكائنات الحية يثبت في الجسم « روحاً » موجودة في الهواء ، يؤدي نفاذها في فضاء مجاور ، الى جعل الهواء غير صالح للحياة . وقد ذكر برستلي Priestley في كتابه « اكسبريمتس اندا اوسر فيش... 1774-1777 » ، تجربة من سنة 1771 وموجبها ان النبتة - نبتة نعنec - تفرز ، تحت جرس مائي ، هواء مزوداً « بالفلوجستين » (الاوكسجين) مما يجعل اشتعال شمعة تحت الجرس ممكناً من جديد . وفي سنة 1775 أعلن برستلي أمام الجمعية الملكية ان هذا الهواء « المؤكسج » صالح للتنفس الحيواني (ان اتخذت القارة كحيوان تجرية) .

اكتشافات لافوازيه Lavoisier - لم ينطلق لافوازيه ، في أعماله حول الهواء الحيوي ، حول المبدأ الذي يمتزج بالمعادن اثناء تكلسه ، لم ينطلق بخلاف ما سار عليه برستلي ، اي أن التجارب حول التنفس الحيواني كانت بالنسبة إليه ، في المقام الأول وسيلة تحليل واكتشاف ومعاينة مختلف أنواع

الغازات . وتأثير هذه الغازات على التنفس الحيواني كان في الأساس اختياراً في المجال الكيميائي يتعلق بفصل - تجريبياً - عناصر يفترض وجودها في الهواء الفضائي الذي سقط بذاته عن مقامه القديم كمصدر .

ولكن لافوازيه ، الأكثر منهجية من برستلي ، ويعد أن أجرى تجارب حول تنفس العصافير (1775-1776) والخنزير الهندية (1777) استطاع أن يقدم لأكاديمية العلوم سنة 1777 مذكرة أولى « حول التغييرات التي تصيب الدم في الرئتين وحول عملية التنفس » .

ثم بعد مقارنة النتائج الكمية لقياس المبادلات الغازية أثناء التنفس بنتائج كميات الحرارة الصادرة عن خنازير الهند الموضوعة داخل كالوريتر ثلجي ، عمم لافوازيه ولا بلاس كل الملاحظات ، مؤكدين ، منذ 1780 ، أن التنفس ليس إلا احتراقاً بطيئاً شبيهاً باحتراق الفحم . وكانا مخطئين عندما ردا التنفس إلى احتراق الفحم فقط ، كما اعترف بذلك لافوازيه سنة 1785 في مذكرة حول « الفساد الذي يصيب الهواء «التنفس» ، حيث عرض التنفس كعملية ، مفعولها ليس فقط أحداث الغاز كاربونيك ، بل أيضاً إنتاج الماء بفعل احتراق الهيدروجين . وقد اخطأ فضلاً عن ذلك ، عندما أشار إلى الرئة كمكان وك موقع الاحتراق توزع منه الحرارة المنبثقة عن هذا الاحتراق ، مع الدم في الجسم .

وأخيراً استطاع لافوازيه - وهو يترن مع سيفين Seguin على القياسات التجريبية الأولى حول قدرة الطاقة البيولوجية البشرية (وقد قدم سيفين نفسه كموضوع تجربة) - أن يلخص الأعمال التي عرضتها « المذكرات » : « حول تنفس الحيوانات » (1798) و« حول « عرق الحيوانات » (1790) ضمن بيان بشكل مبداً ، كثيراً ما ورد ذكره :

« عند مقارنة هذه النتائج من النتائج التي سبقتها ، نرى أن الآلة الحيوانية هي محكومة ، بصورة رئيسية بثلاثة منظمات رئيسية : التنفس الذي يستهلك الهيدروجين والكربون والذي ينتج الكالوريك (الحرارة الجسدية) ؛ العرق الذي يزيد أو ينقص بحسب ما إذا كان من الضروري حمل كثير أو قليل من الكالوريك ؛ وأخيراً الهضم الذي يقدم للدم ما يحسره بفعل التنفس أو العرق » .

فكيف يمكن ، بهذا الشأن ، عدم الاحساس بأن لافوازيه - وهو الجيولوجي والكيميائي بالتكوين والممارسة - قد عرف كيف يرى في الظواهر التي يعالجها بالكيمياء ، سمة أساسية في الكيان الحيواني هي وجود وظائف تنظيم . ففي حين أن كل معاصريه من الأطباء اكتفوا بإبراز غايتها مستعملين ومسيئين استعمال الحكم الأبقراطية ، نرى لافوازيه يقيس آثارها المتأرجحة بكل الدقة المتاحة له يومئذ ، ثم امسكه فيها بضرورة الحفاظ على الثوابت البيولوجية التي ما زالت أواليتهما تقوته .

وإذا كانت اكتشافات لافوازيه تتحول بالحال ، في فكره ، إلى تطبيقات متعلقة بالعناية الصحية بقاعات المستشفيات أو الابنية المعدة كسجون واصلاحيات ، فإنه يجب أن لا ننفل أهميتها على صعيد النظرية الفيزيولوجية وحتى على صعيد الفلسفة البيولوجية . وقد وضعت هذه الاكتشافات حداً للنقاش .

طويل حول أسباب الحرارة الحيوانية . وحتى لا نذكر إلا المؤلفين الأكثر حداثة ، إذا كان كيميائيو القرن 17 ، أمثال هلمونت أو هيلمونت Helmont ou Sylvius ، قد عبروا عن الحرارة الحيوانية ، الأول بتخمير في القلب ، والثاني بالمزيج الفوار بين الدم الوريدي والكيلوس فإن ستاهل بالمقابل ، المعتبر بحق أحد تلاميذهم ، لم ير في هذه الظاهرة إلا المفعول الميكانيكي للخلط وللاضطراب الذي يحدثه التنفس في الدم ، مفعول يزداد بفعل القوة المطاطية التوسعية للهواء المتفسس . ومال هال نحو تفسير مماثل ، ملزماً نفسه بالاعتراض بأن الاحتكاك وحده غير كاف ، في حالة الماء ، لرفع درجة حرارته إلى نقطة شبيهة بدرجة حرارة الدم . وقد اعتبر ، في جميع الأحوال ، إن القلب وبقية الجسد غير قادرين على أحداث الحرارة ، بدون معونة الرئتين . وهكذا يتبين أن لافوازيه أعطى الحق لكل الذين ، منذ الايونيين ، كانوا يشبهون ميتولوجياً الهواء بالنار ، النفس واللهب ، ضد جميع الذين كانوا - منذ ديوكليس الكاريسي Dioclès de Caryste - يعتبرون المصمر الداخلي للحرارة الحيوانية ، أو الذين كانوا - على أثر أرسطو - يقولون بوجود حرارة ذاتية داخلية مركزها القلب ، وإنما تصد وتعدل بالمفعول المبرد للتنفس . ويدت الكيمياء الجديدة الهوائية - وهي تحطم عدة خرافات كالورية واحيائية متعلقة بالنار الحياتية - أكثر تساهلاً بالنسبة إلى واحد منهم⁽¹⁾ .

مقام الحرارة الحيوانية ، أعمال سبالانزاني Spallanzani

ولكن نهاية النقاش حول أسباب الحرارة الحيوانية اخذت تتطابق مع بداية نقاش حول مكان هذه الظاهرة . وقامت صعوبات اثارها اقتراح لافوازيه ومفاده ان اكسدة الكاربون والهيدروجين اللعومين تتم في أوعية الرئة ، بفعل الاوكسجين في السائل الهيدروكربوني المفروض في هذه الاعوية . وقامت اعتراضات قديما ، سنة 1791 ، جان هنري هاسنفراتز Jean-Henry Hassenfratz ، مساعد سابق للافوازيه ، اصبح تلميذاً للرياضي لاغرانج Lagrange ، الذي يعود اليه فضل تصورهما . فإذا كانت كل حرارة الجسم تتحرر بدءاً عند مستوى الرئة ، فكيف يمكن لهذا العضو أن لا ينشف أو على الأقل كيف يمكن لحرارته أن لا تكون ارفع بكثير من حرارة بقية الاعضاء ؟ أوليس من الأكثر احتمالاً ، بالعكس ، أن تتحرر الحرارة الحيوانية ، في كل أقسام الجسم حيث يتوزع الدم ؟ بحسب لاغرانج ، يتعبأ الدم الرئوي ، عند غمسه بالهواء المنتشق ، بالاوكسجين الذائب الذي يعطي امتزاجه بالكاربون والهيدروجين اللعومين الغاز كاربونيك والماء المحررين ، عودة في الهواء المزفوف . هذا التفسير الصحيح - مع التحفظ بشأن القول أن الأكسدة لا تحدث في الدم ، بل ضمن الخلايا بالذات - يجب أن يتسطر التأكيد عليه تجريبياً حتى سنة 1837 ، عندما نجح غوستاف ماغنوس Gustav Magnus ، باستعمال المضخة الزئبقية ، في اكتشاف وجود الغاز الحر في الدم الوريدي والدم الشرياني . وضمن نفس ترتيب الافكار كشف نشر (بعد الوفاة من قبل جان سينييه Jean Senebier) « مذكرات حول التنفس » (1803) ، ان سبالانزاني (1729-1799) قد كرس السنوات

(1) راجع باشلار Bachelard علم نفس النار ، فصل 5 : « كيمياء النار ، تاريخ قضية خاطئة » .

الاخيرة من حياته للتجريب المنهجي حول شروط التنفس لدى اللاقريات والفقرات ، ضمن خط أفكار لافوازيه ، وقرر سيلانزاني ، مستنداً لآلاف التجارب ، إن الاعضاء كلها ، وكل الانسجة هي التي تمتص الاوكسجين وتفرز الاسيد كاربونيك ، وإن امتصاص الجلد للاوكسجين ، عند البرمائيات والزواحف ، قد يتجاوز في الزخم الامتصاص عبر الرئتين ، وباختصار ان الرئة عند ذوات الرئتين من الحيوانات ، هي عضو تعبير وليست عضو ممارسة وظيفة متمادية تشمل الجسم بأكمله . وقد وضع سيلانزاني - وهو يفضل بتجاربه الوظيفة التنفسية عن وجود الاعضاء الرئوية ، وبشكل أفضل من لافوازيه ، ويفضل طرقة في الفيزيولوجيا للمقارنة - أسس فيزيولوجيا عامة .

II - الهضم

رأينا ان لافوازيه حسب الهضم من بين منظمات الآلة الحيوانية . فكان من الطبيعي اذن ان يقترح على نفسه درسه . ونعرف أنه في سنة 1791 أعلن عن « مذكرات آية » حول هذا الموضوع . ولكن لا شيء في سجلات أعماله - المتوفرة لدينا ، يتيح القول ما إذا كانت التجارب حول الهضم قد تمت بالفعل . إن أعمال سيلانزاني حول هذه النقطة والسابقة لبحوثه حول التنفس ، ليست مدنية بشيء الى لافوازيه ، بل الى ريومور .

النظريات المختلفة - انقسم تفسير ظاهرات الهضم ، في النصف الأول من القرن الثامن عشر ، الى مدرستين ، وبالتالي الى ذريتين ، مدرسة الطب الميكانيكي ومدرسة الطب الكيميائي . لقد رد بوري Borelli ، في القرن السابق ، الهضم الى عمل ميكانيكي ، تحليلي عظيم الدقة ، وتشكل عملية المضغ فيه المرحلة الاساسية . وقد اثبت ، برفقة ريدي Redi ، القوة الميكانيكية للتفكيك المتطور بالحويصلة (الفانصة) العضلية عند الدجاجيات ، واقترح بيتكرن وهيك Pitcairn, Hec-quet تفسيرات مماثلة . وكانت هذه النظريات كلها تتعارض مع نظريات الكيميائيين . لقد علم فان هلمونت Van Helmont (Sextuplex digesto, alimenti) إن الهضم يتم في المعدة ، بتأثير خميرة آسيدية لا تنتجها المعدة ولكنها تلتفها من الطحال . وتتدخل خمائر أخرى فيما بعد ، مثل خميرة المرة (المرارة) ، وخميرة الكبد . وأشار ستارلن Starling ، أنه في الحفظة التي كانت فيها الصفراء وحدها معروفة بأنها إفراز يصب في الجهاز الهضمي ، كانت فرضية فان هلمونت بالواقع أقل استحالة مما يبدو : وعندما اكتشف ستينون Sténon القناة المفرزة للتكف (أو إفرازات الغدة التكفية) تحت [الاذن] (1662) وربط بعمل هذه الغدة انتاج الريق ، استطاع سيلفيوس Sylvius ان يعتبر (1663) ، ويدون تجاوز ، الهضم كظاهرة كيميائية تحت تأثير العصارات من غط اللعاب . وهو تفسير ابله اكتشاف العصارة البكرياسية ، عندما اجري دي غراف De Graaf ، تحويل القناة البانكرياسية عند الكلب الى الخارج . (1664) .

في القرن الثامن عشر مزج بورهاف هذين النوعين من التفسير . فرأى في الهضم ظاهرة

«ميكانيكية» (علك ثم تقلص معدوي)، تنتهي بعملية كيميائية في تذويب وتحلل بتأثير من اللعاب ومن العصارة المعدوية .

ولكن بحسب بورهاف ، وخلافاً لرأي فان هلمونت ، تبدو حموضة (اسيدية) العصارة المعدوية هي الأثر وكأست سبباً في الهضم . إن الأثر الكيميائي للأطعمة بعضها على بعض قد انطلق بفعل البقايا الباقية من الهضم السابق .

وحرص هالر ، تلميذ بورهاف ، على أن يبين في المعلقة وجود نوع من الآلة (« آلة بابان » Papin) وهي مسخن حيث تمرث الأطعمة ضمن ظروف مجتمعة من الحرارة والرطوبة والتهوية . فالحرارة تعمل على تحلل الأطعمة ، ولكن اللعاب والعصارة المعدوية « وكلها سوائل تميل إلى القلوية » تمنع الأطعمة من أن تتحمض تماماً . « وإذن لا يوجد في هذه الأمكنة ، أي نوع من الجائثر ، يتعارض مع صفة هذه السوائل ومع غايات الطبيعة » . لا شك أن هالر يدخل بين الأسباب العمل الميكانيكي لتقبض عضلات المعدة ، ولكنه لم يلاحظ في هذه الحركات شيئاً يشبه الهرس كما يحدث لدى الطيور آكلة الحصى المحرومة من الإنسان . وعلم هالر أن الصفراء تقضي على الحموضة الطبيعية في الأطعمة المضبوطة من قبل المعدة ، وتحضرها بصورة أفضل للتحلل وتخفف التجمع والتقبض المعدوي ، وإن العصارة البنكرياسية تقيم الصفراء وتقوم بوظائف شبيهة بوظائف اللعاب . ويعرض هالر وجهات نظره (المانتا فيزيولوجيا ، مجلد 6) ، وفقاً لطريقته المعتادة ، راداً تعددية التفسيرات المقترحة من قبل كتاب آخرين ، ولكن ، وكما حصل له أكثر من مرة ، دون أن يرى في أي منها زوال كل الآخرين . ولهذا اقتيد إلى ذكر أعمال ريومور وامتداحها دون أن يعطيها أية أهمية خاصة .

تجارب ريومور Réaumur - كان ريومور قد اشتهر سابقاً بـ « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » ، ونشر سنة 1752 ملاحظاته « حول هضم الطيور طعامها » ، ولكي يقرر بين ثلاثة أنواع من التفسيرات المقترحة : الهرس الميكانيكي ، والتحلل ثم التذويب بالعصارة المعدوية ، تحلل ريومور بعقريّة استعمال سلوك تجشؤ الصقر قبله (ثم استرجع بناء للطلب) أحد طيوره ، أنابيب صغيرة من المعدن المثقب تحتوي على مختلف من الأطعمة . ولم تظهر الأطعمة المشجأة أي اثر للتحلل وهضمها ، المتقدم نوعاً ما ، قد تم بمعزل عن الأفعال الميكانيكية العضلية ، واحتوت الأنابيب الحامية آثاراً من سائل مغشى متلائي ، مذاقه حاد . وإذا كان هذا السائل المذيب للحوم ، لا للعجان ، هو السبب الفعال في الهضم ، فبأي مذيب كيميائي معروف يمكن تشبيهه ؟ وإذا كانت السببية الكيميائية هي العامل الحاسم في العملية فهل بالإمكان ملاحظة مفعولها خارج المعدة ؟

وقد ابلغ ثم استرجع من صفقه بالتجشؤ قطعاً صغيرة من الاسفنج وحصل على بعض النقط من السائل ، بالعصر ، ثم حاول ريومور أن يستثير هضماً اصطناعياً . وإن هو لم يتوقف إلى ذلك أولاً ، إلا أنه على الأقل حصل على الضمانة بأن الهضم ليس جبلاً ، ولما مات صفقه ، استعمل ريومور حيوانات أخرى من بينها كلبة ويط . واستنتج من تجاربه وجود عمليتين مختلفتين في الهضم ، عملية الطحن

الميكانيكي لدى آكلات الاعشاب وآكلات الصخور ثم عملية التحليل الكيميائي لدى آكلات اللحوم . وكانت نتيجة التجارب سلبية بشكل خاص . فالعصارة المعدية لا تؤذي أو لا تسبب بفساد الطعام بل يمتعه . ولم يتوصل ريو مور إلى تحديد طبيعة هذه العصارة بشكل دقيق وإلى القول ما إذا كانت هي الشرط الاساسي والكافي للهضم ولكنه حصلت لديه الفكرة الأولى عن تقنية تجريبية : هي الهضم المصطنع ضمن الزجاج *In Vitro* .

ما قدمه سبالانزاني *Spallanzani* - هذه التقنية هي التي استغلها سبالانزاني الذي أخذ يعيد التجارب التي قام بها ريو مور، لحسابه الخاص . وهنا ضاعف أيضا سبالانزاني - متحضرًا بدراساته كعالِم طبيعي ، لمعالجة مسائل فيزيولوجية بحسب الطريقة المقاتلة - تجاربه على الحيوانات الأكثر تنوعاً ، قبل أن يتخذ نفسه كموضوع تجرية . ولكي يحصل على العصارة المعدية يلع الحيوانات اسفنجيات صغيرة كان يستخرجها فيها بعد أو أنه كان يفتح معدة الطير وهو صائم . وهو أول من نجح في اجراء هضم اصطناعي بأن وضع تحت ابطيه طيلة يومين أو ثلاثة أنابيب تحتوي ، مع العصارة المعدية اللحم والقمح المهروس . واستطاع بالتالي ملاحظة ذوبان هذه الأطعمة من دون أي فساد . وحول هذه النقطة الأخيرة أبدت استنتاجاته استنتاجات ريو مور . ولكنه اضطر : الى مناقضتها فيما يتعلق بالفرق المفترض بين مغطين من الهضم ، الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي ، والوظيفة الهضمية لدى آكلات الصخور كما لدى آكلات الحشائش تقتضي وجود العصارة المعدية . وعلى كل حال وحول نقطة مهمة ، لم يقل سبالانزاني أكثر عما قال ريو مور . وهو لم يقطع بأمر طبيعة العصارة المعدية بل إنه لم يتوصل الى اكتشاف حوضتها . وكريميني *Carminati* هو الذي سوف يؤكد على حوضه العصارة المعدية (بحث حول طبيعة العصارة المعدية ، ميلانو 1785) ، وكان لا بد من انتظار بروت *Prout* من أجل تحديد الاسيد كلوريدريك في العصارة المعدية (1834) .

نشير أن ستيفنس *Stevens* من ادنبرة ، قد نشر سنة 1777 تحت عنوان « وصف فيزيولوجي للأطعمة . » - وذلك بأن واحد تقريباً مع المذكرة الأولى التي وضعها سبالانزاني (أوبيسكولا ديفيسكا انيمالي وفيجيتالي ، 1776) - نتيجة البحوث التجريبية حول الهضم عند الانسان . ولكن ستيفنس بخلاف سبالانزاني جرب على الانسان وذلك حين عالج مهرباً فقيراً يبلغ الحصى ، كما فعل ريو مور في صقره وسبالانزاني في دجاجة .

وكان من الملحوظ ان وظيفة المعدة في الهضم هي التي درست قبل كل شيء ، بصورة وضعية في النصف الثاني من القرن الثامن عشر . أما الطريقة ، فقد ظلت البحوث حول الهضم وصفية خالصة ونوعية اجمالاً . وكان المطلوب عزل الاسباب ، من اجل الانتقاء بين عدة تفسيرات ، بدلاً من قياس آثارها . وهنا يكمن الفرق الكبير مع أعمال لافوازيه فيما يخص التنفس . وقد رفعت هذه الاعمال الميزان وهو آلة الكيميائي الى مرتبة المفهوم الفيزيولوجي . ووراء جفاف الميزانيات المتعلقة بالطاقة ، ووراء تجريد أحد - قوانين الحفظ ظهرت سريعاً مفاهيم الايضية *Métabolisme* في الجسم الفردي ، والميزان الحيوي في القشرة الحية التي تحيط بالارض ، وبدون أن يقصد ويفعل سخرية تاريخ العلوم

خَلَصَ لافوازيه الكيميائي ، من تهمة الاسراف والتطرف ، الطيب الشهير ، صاحب الميزان ، بابا
المطبيين الميكانيكيين ، سانتوريو Santorio .

III - الدورة الدموية

لم ينفك الطموح الى تحديد ، عن طريق القياس والحساب ، قوانين الظواهر الفيزيولوجية - لم
ينفك يحفز البحوث لدى دعاة الطب الميكانيكي ، الملقين أيضاً وبحق المطبين الرياضيين . وكان هذا
هو التبرير الأقل عرضة للشكوك في مزاعمهم أو مسلماتهم . فدورة الدم وتقبض العضلة قد استلفتا
على الدوام وبصورة انتقائية انتباه الاطباء من هذا الاتجاه .

وهذه المشاكل لم تكن نظرية فقط . وحلولاها الممكنة تم أيضاً للممارسة الطبية العملية والجراحية ،
وبصورة خاصة السلوك الواجب اتباعه في اجراء الفصد . وليس من المستغرب إذا أن يرتقي أطباء مثل
فرنسوا كيسني François Quesnay (1694-1774) وكلود لوكات Claude Le Cat (1700-1768) ،
أو مهندسون مثل فوكانسون Vaucanson (1709-1782) ، وأن يعدوا بناء تشريعات متحركة ، اي في
هذه الحالة الات هيدرولية كنماذج ميكانيكية لظواهر دورة الدم - وأيضاً للهضم ، وعلى العموم
للوظائف الرئيسية ، في الجسم الحيواني ⁽¹⁾ .

القياسات الاولى - لحص هارفي Harvey في كتابه « موتوكوردي » ملاحظاته كعالم تشريح ،
وملاحظاته كمشرح حيوانات حية . ولم يدخل حساب وزن الدم المدفوع من قبل القلب إلا ليقوي
موقفه الرافض للقول بأن مثل هذه الكمية من الدم تفرز باستمرار من قبل بعض الاعضاء الداخلية
وانها تشتت وتضيع عبر الجسم . وقد لاحظ بوريلي Borelli ، أولاً ، في الوظيفة الدورانية ، عندما
ثبتت وبرزت ، وجود ظاهرة متميزة من أجل تطبيق قوانين الميكانيك الهيدروليكي . ونتيجة لذلك ،
فقد حاول أن يحسب قوة التقبض السيستولي في القلب . وبعد أن قرر أن قوة التقبض في عضلة ما
تناسب مع حجمها ، وبعد أن قدر أن حجم القلب الانساني يساوي حجم العضلة الماضغة وعضلة
الصدغ مجتمعين ، وبعد أن قاس قوة التقبض بالوزن الذي يعادها ، عندما حدد بوريلي لـ 3 آلاف
لبيرة رومانية (لبيرة تساوي 327,45 غرام) قوة تقبض القلب . أما الضغط الطارىء على الدم فقدرة
بعد حسومات محسوبة وموزونة بـ 135 ألف لبيرة .

وفي بداية القرن خصص جاكس كيل James Keill (1673-1719) ، في كتابه تنتمينا مديكو
فيزيكا 1718 ، خصص ثلاثة بحوث بمسائل كمية الدم وسرعة الدم وقوة القلب وقدر وزن الدم عند
الانسان الذي يزن 160 لبيرة بـ 100 لبيرة ؛ وقدر الطريق الذي يقطعه الدم في الشريان الاعور لمدة

(1) راجع حول هذه المسائل دراسة آ. دويون A. Doyon ول. لياغر L. Liaigre ، و جاك فوكونسون Jacques Vaucanson ميكانيكي موهوب ، باريس ، المطابع الجامعية الفرنسية ، 1966 (فصل 6,5,7) .

ساعة بد 5,23 قدم (اي 1,60 متر) تقريباً . وقدر قوة القلب بحوالي 12 أونصة (340 غرام تقريباً)⁽¹⁾ .

« هامستاتيك » ستيفن هال Stephen Hales - (توازن الدم في الاوردة) - كان هال مجرباً بارعاً ورجل دين متحمساً . ونشر في المجلد الثاني من كتابه « محاولات احصائية » الذي عنوانه هامستاتيك (لندن ، 1733 ، ترجمة فرنسية مع إضافات من قبل يواصيه ديسوفاج Boissier de Sauvages 1743) ، نشر مداخلة مهمة في الميكانيك الدوراني . وقد سبق له أن قام بأعمال مهمة في البوتانيك الرياضي . وكتابه فيجتابل ستاتيكس 1727 يتضمن إعادة اجهزة بناها بنفسه من اجل قياس تغيرات الضغط في جذور الاشجار وأغصانها . وكان من الطبيعي إذا أن يسعى هال الى قياس ضغط الدم في الاوعية الدموية كذلك ، مستخدماً مانومتراً مصنوعاً من أنبوب طويل من الزجاج ، موصولاً بأنبوبة مرة بعرق الوداج تحت الحنك ، ومرة بالشريان الثاني في الرقبة أو في الشريان الفخذي في الحصان والكلب والتمعة . وأثبت ان ضغط الدم يختلف في الشرايين عنه في الاوردة (في الحصان يرتفع الدم 9 اقدام - 2,8 متر تقريباً - في الشريان الفخذي ، 15 بوصة - 38 سنتيمتر تقريباً - في الوريد العنقي) وإن هذا الضغط يتغير بحسب انقباض القلب وتغلبه (السيستول والدياستول) . وإنه يختلف بنوع الحيوانات ، وإنه هوريزة لحالة القلب .

وكل المؤرخين في الفيزيولوجيا يتفقون على أن همستيك هال (توازنات الدم في الاوردة) ، تمثل مع الأخذ بعين الاعتبار تلمسات بوريلي وكييل ، العمل الوحيد والمهم حول فيزيولوجيا دوران الدم ، قبل أطروحة جان بوازوي Jean Poiseuille : بحوث حول قوة القلب الاورطي 1828 اي طيلة قرن من الزمن .

وعرف هال أعمال هال وذكرها ولكنه اعتبرها كتطور لافكار بوريلي Borelli ، دون أن ينجح في أن يرى فيها جدة فكرة الضغط الشرياني .

المكملون أو المتابعون - إن أهمية وأصالة بحوث هال يجب أن لا تغطي مكانة أعمال البحوث التي عملت فيها بعد وتبعاً لتأثيرها ، على تقدم الحل بالنسبة الى مسائل توازن الدم وتحركه ، وصاغ برنولي Bernoulli ، وهو استاذ تشريح في بال من 1733 الى 1751 ، لأول مرة مبدأ حساب صحيح للعمل القلبي ، كنتيجة لوزن الدفقة البطيئة بمقدار الانتقال الانقباضي (السيستولي) ؛ واضيفت اليها أعماله حول السيلاان المقارن للسوائل في الانابيب الجامدة والاعوية الحية (هيلرو ديناميكا ، 1738) وعاد تلميذه - دانيال باسافان Daniel Passavant (دي في كورديس 1748) ، انطلاقاً من معطيات هال حول الضغط الدموي - الى حساب العمل القلبي فاقترب من المعطيات المقبولة حالياً .

(1) من المقبول اليوم أن كتلة الدم تساوي ثلث وزن الجسد البشري . وأن سرعة الدم هي 50 سنتيمتر في الأعور ، وأن العمل الذي يوازي فيضان أوموجة البطين الأيسر هو 0.1 كيلوغرام متر .

ومنذ آخر القرن السابع عشر طرحت بصورة خاصة ، مسألة أسباب حركة الدم في الاوردة ، وفي الاوعية التي ليست ذات ارتباط مباشر مع الشرايين . وانكر بورلي على القلب ، رغم اعترافه له بالقوة - قدرته على دفع الدم في الاوردة . من هنا أهمية الملاحظات الأولى التي قام بها مالبيجي (1661) Malpighi وليونوك Leuwenhook (1690) ، بعد أن طبق الميكروسكوب على أغشية أحشاء الضفدع وعلى ذنب الشرغوف (الضفدع الصغير) لمعرفة الدورة الدموية في الشعيرات . وقام كوير Cowper بأجراء مراقبة مماثلة لأغشية أحشاء هر (1697) . وهالر (موتو سانفينيوس 1752) هو الذي مدد قوة القلب بصورة نهائية وحتى الشعيرات ، وذلك بمراقبة توالي النبضات ضمن الشرايين والشعيرات ، وأتاحت له نظرية اللانفعالية - كما لستاهل عقيدته حول التحنط قرب قوة تقبض العضلة - ان يعطي غلاف الاوعية الشعرية ، السببية الاضافية للحركة الدموية الموجودة في هذه الاوعية . وقدم سيلانزاني لهذه المسألة مساهمة مهمة عبر مذكراته « حول الدورة الدموية الملحوظة في اجمالي للنظام الوعائي » ، « حركات الدم مستقلة عن عمل القلب » ، « نبضات الشرايين » (1773)⁽¹⁾ .

IV - التقلص العضلي

ربما ، أكثر من دورة الدم ، تعرض التقلص العضلي ومفاعيله : توقف ، نقل ونشاط الجسم الحيواني لتشمله ، فيزيولوجياً ، مفاهيم الميكانيك وقواعده . وقد شبه ارسطو ، في دراساته حول حركة الحيوانات ، طرف الحيوان المفصل بالآلة رفع او دفع . وأوصل التشبيه الديكارتي للحيوان بالآلة المقارنة الارسطية الى احجام وابعاد النظرية . ومن جهة أخرى ، كان من المقرر كلاسيكياً منذ أن أثبت اراسيسترات Erasistrate ، وغاليان Galien ، الشلل العضلي على أثر ربط العصب المقابل ، أن يفسر تقلص العضل بتدفق الارواح الحيوانية اليه آتية عبر العصب انطلاقاً من المركز الدماغي .

تلك هما ، في بداية القرن 18 ، الفكرتان الرئيسيتان الموجهتان في علم الاعصاب ، فيما يتعلق بالمفاعيل القابلة للقياس ، بالنسبة الى التقلص وأسبابه . ولكن ، بخلاف القرن ، كان تطور الفرضيات الفيزيولوجية مرتبطاً ، بالطبع ، بتقدم التشريح ، ليس فقط فيما يتعلق ببنية العضلة ، بل وايضاً ببنية العصب والمراكز العصبية . وفي هذا افضل بيان عن الفكرة المتكونة ، يومئذ ، عن عمل الفيزيولوجي : تحريك التشريح ، بحسب تعبير هالر (فيزيولوجيا ، آناتوميا آنيما تا) . فضلاً عن ذلك ان هذا التطور مرتبط باتخاذ مواقف عامة ، فيما يتعلق بنماذج التفسير في البيولوجيا : الميكانيك او الكيمياء ، كما قبل في نهاية القرن الماضي .

(1) لقد سبقت الترجمة الفرنسية لهذه المذكرات على يد تورديس Tourdes (1800) بنبرة عن الحياة الأدبية لسيلانزاني ، بنبرة هي ، مع الإشارة بسيلانزاني من قبل جان سينييه Jean Senebier ، خير مصدر إعلامي حول هذا العالم . راجع كتاب جان روستان Jean Rostand : جذور البيولوجيا التجريبية والأبائي سيلانزاني ، باريس 1951 .

نظريات القرن السابع عشر - شرح ديكارت في كتاب « الانسان » (1662 باللاتينية و 1664 بالفرنسية) تقبض العضلة بانضغاطها ، بتأثير فيزيائي خالص لضغط هوائي . فالأرواح الحيوانية مدفوعة بالقلب ، وموزعة بالدماغ ، ومجرورة بالأعصاب تقلص العضلات بنفخها ويثير تفتلات قطع الهيكل العظمي بتقريب نقاط التداخل العظمية من الأوتار أو الربطات .

في حين ان ولس Willis (سريري أناتومي ، 1664 ؛ موريس كونفلسيفي ، 1667 ؛ موتو مسكولاري 1670) ، سحب من ملاحظاته العيادية الفكرة القائلة بأن الشكل التفجري او التكرزي ، في بعض الحالات المرضية ، لا يمكن أن يفسر بنموذج ميكانيكي عادي . وقارن العضلة بآلة نارية واعتقد بأن التقلص له اسباب كيميائية محدثاً مفعولاً مشابهاً لانفجار بارود المدفع . في هذه الفرضية لا تخر الأعصاب ، نحو الاطراف ضغطاً هوائياً من أصل مركزي ، بل تسحب روحاً لطيفة تمتزج بالدم وتثير مكاناً اشتعالياً ذا مزيج كيميائي متفجر .

ومزج المشرح الشهير ستينون Sténon في كتابه: المتوروم ميولوجيا . . . 1667 ، نتائج التشريح الدقيق لنسج عضلي ، بمبادئ بناء جيومتري ذي رسيمات رمزية . وبين ان العضلات المؤلفة من عناصر بسيطة هي الالياف المحركة التي تشكل متوازيًا منحرفاً بفضل انتشارها فوق أوتار شبيهة بالزوايا الممتدة والمسطحة . وأعاد ستينون Sténon تركيب الأنواع التشكلية للعضلات وفقاً لترتيب عقلائي وأعطى لوصف التقبض شكل مسألة جيومتري متعلقة بتنوع السطح في ظل شرط حجم ثابت .

وطبق بوريلي Borelli (موتني المالميوم ، 1680-1681) ، وبصورة منهجية مبادئ سكون العتلة ، على قياس قوة تقبض العضلات في الجهاز العظمي . وفي ظل هذه العلاقة ، تعتبر أعماله ، انطلاقاً من الصورة الارسطية ، امتداداً الفيزياء الرياضية عند غاليليه وديكاروت . ولكن بوريلي ، بخلاف ستينون ، بحث بالأوالية الداخلية في تقلص الالياف . ومعنى من المعاني ، وافق الكيميائيين من أجل اعطاء السببية الأساسية للظاهرة ، إلى ظاهرة محلية تخميرية وإلى غليان مزيج من العصارات العصبية والدموية .

ومعنى آخر أصر بوريلي Borelli على تفسير ميكانيكي : في العضلة المصنوعة من الياف منتظمة بشكل مساح من البطون والعقد تشبه ميكانيكياً سلاسل الحلقات المطاطية القابلة للتغير ، والاجزاء المتعددة من مزيج في حالة الغليان ، تنتشر كما لو كانت زوايا تغير جيومتري في بنيتها .

وعندما تمت إعادة طباعة كتاب بوريلي في نابولي سنة 1734 ، أضيف اليه ملحقات بفضل جان برنولي Jean Bernoulli : « التفور والتخمر » 1690 ، و « تحرك العضلات » 1694 ، وهما لم يصبحا بصورة أساسية المبادئ التقليدية في التفسير ، ولما تجاوزا المفاهيم التشريحية الرياضية عند ستينون ، كما أنها لم يجلّ الضائقات الميكانيكية الكيميائية عند بوريلي . وتمسك برنولي مثل بوريلي بالليف العضلية باعتبارها مكونة من حويصلات بشكل مسحة يعتبر تورمها عند التقبض ، مسبباً بتدق لا الدم بل الهواء الذي يتسرب في خلاياها . وطبق برنولي على قياس تقلص الالياف نظرية المنحنيات والتحليل

التفاضلي . ولكن هذه الرياضيات مهما كانت مرتبطة بهندسة متينون فإنها لا تعطي أهمية الى هذا الطب الرياضي المجدد .

تأثير العلم النيوتني - ان العلم النيوتني ، وقد استورد ، كما رأينا من حسابات برنولي ، من خلال فيزيولوجيا العضل قد تسرب اليها بشكل آخر . وقد كان من المؤكد ان احلال نظرية الجاذبية محل الفرضيات الكوسمولوجية الديكارتية قد امتد أيضاً إلى المجال البيولوجي . وأعطى نيوتن بذاته المثل ، في كتابه أوبيكتس ، (1704) حين عالج وينفس الطريقة وينفس الأسلوب المسائل الفيزيائية والمسائل الفيزيولوجية ، في الرؤية ، باحثاً في ذبذبات الاثير المتقولة بواسطة الاعصاب ، عن مفتاح تفسير ظواهر الاحساس والحركة ودون اي تغير في الطموحات الطبية الرياضية أصبح العديد من الاطباء ، خاصة في انكلترا أولاً اطباء نيوتنيين إن أمكن القول .

يقول ك . سبرنجل K. Sprengel : في هذه الحقبة بدت فلسفة نيوتن للعديد من الاطباء هي النقطة الوحيدة التي يجب الانطلاق منها لإعطاء الفن الطبي يقيناً رياضياً (تاريخ الطب ، ترجمة فرنسية ، 5,1815 ، صفحة 170-171) .

وفي نظرية الافرازات ، بشكل خاص جرت محاولة من اجل استيراد فكرة الجاذبية . ولكننا لا ننفق هنا إلا عند الجهود المبذولة من أجل تجديد نظرية الحركة العضلية .

ويبدو أن جامس كيل James Keil هو الذي عرض أول محاولة لتفسير التقلص العضلي بواسطة قوة جاذبية تحدثها في الدم الارواح الحيوانية ، التي ينتج عنها التمدد الكروي في الحويصلات التي تتكون منها الالياف . (واسم كتاب كيل : تنامي مديكوفيزيكا 1718) .

وقد حاول جورج شين George Cheyne (1671-1743) الذي كان يدرس التقلص في علاقاته مع وظيفة الاعصاب (المرض الانكليزي أو معالجة الامراض العصبية من كل الانواع ، 1735) ، كما فعل ويلس Willis من قبل في القرن السابع ، ان يتفادى نظرية الارواح الحيوانية ، وفسر التقلص بفعل التمدد أو المطاطية والجذب ، نظراً لأن الالياف العضلية تحفز بذبذبات اثير عصبية داخلية ، وهو نوع من الوسيط من مبدأ فهم كل حركة . وفي مطلق الأحوال ، ارتكز شين على سلطة نيوتن ليرفض كل بحث حول جوهر الاحداث ، فاعتبر ممكناً جداً وجود مبدأ حيواني للنشاط الذاتي والحركة الذاتية . وحاول بريان روبنسون Bryan Robinson في كتابه « كتاب جسم الحيوان » 1734 ، أن يبحث أيضاً عن سبب الحركة العضلية في الحركة التذبذبية لاثير حيواني .

ولا يخلو من الغائلة أن نشير الى أنه ، في العقود الأولى من القرن الثامن عشر كان النقاش ما يزال قائماً حول وجود وحول طبيعة السائل العصبي ، وتدخل الارواح الحيوانية في العضلات كشرط موجب لتقويضها ، وذلك بسبب استمرارية الجهل لتجربة حاسمة أجراها سومردام Swammerdam فقد بين سنة 1658 ، أمام دوق توسكانا ، إنه بالإمكان عن طريق الاثارة الميكانيكية للعصب ، التسبب في تقويض عضلة الضفدع المقطوعة ، وإن طالبت المدة بقطع العلاقة العصبية بين العضلة

والجليل الشوكي ، ويعد من المرات كثير ، دون تغير في حجم العضلة . وقد استنتج سوامردام من هذه الظروف الثلاثة في تجربته بأن ظاهرة التقبض لا تتعلق بنقل سائل ذي طبيعة معينة من خلال عصب العضلة . ولكن هذه التجربة لم تعرف إلا بعد أن نشر بورهاف كتاب « انجيل الطبيعة » (1737) باللغة النرويجية و1738 باللاتينية بقلم د . غوب D. Gaub ، 1752 بالالمانية ، 1758 بالانكليزية .

نظريات بورهاف وهوفمان Boerhaave, Hoffmann - كان تفسير التقبض العضلي بالتأكيد هو أحد المواضيع التي اختلف حولها ، ويحظ مختلف لكل واحد ، المنظرون الثلاثة الكبار في منتصف القرن : بورهاف ، هوفمان ، وستاهل .

وبدا بورهاف ، حول هذه المسألة ، ومن خلال انتقائيه المعتادة ، ميكانيكياً دون تجاوز وكيمائياً بدون منج . واعتبر الالياف العضلية وكأنها التفرعات القصوى للالياف العصبية ، فنظر ، كما فعل ديكارت ، الى الاعصاب ، بأن واحد وكأنها ألياف قادرة على التلبذب الواسع للتنوع بحسب توترها ، كما اعتبرها كقنوات تفر الى العضلات الارواح التي يفرزها الدماغ . وضبط السائل العصبي في الالياف العضلية هو الذي يسبب التقلص .

أما هوفمان ، فيصعب بشأنه الجسم هل ان العيادة وطب الامراض هما اللذان يقدمان للفيزيولوجيا مبادئها أو العكس . وفي الواقع ، لقد علم بأن الاسباب المرضية تفعل فعلها بصورة رئيسية في الأقسام العضوية الجامدة ، وفي الاعصاب والعضلات ، وان مفاعيل هذه الاسباب ترد الى نوعين من الحالات المتعارضة : الوهن أي الانحطاط والتوتر . وإذا يعلق هوفمان أهمية بالغة على الخطئية ، أي على توتر الألياف ، وتفسيره يمزج ، كما يشاء تأثير أفكار بويل ونيوتن . فمن جهة ، يعتقد ان الدم يلعب دوراً في التقبض ، بفعل مطاطيته ، وذلك عندما ينضغط في حويصلات الالياف العضلية . ومن جهة أخرى انه يؤمن بوجود تأثير كمكون أساسي للسائل العصبي .

أحيائية ستاهل Stahl ومنشؤها - كان لدى جورج ارنست ستاهل شعور حاد ومباشر بعدم رد الجسم الى مجموعة أواليات (ديسكيسودي ميكانيسمي ... ، 1706 ، دي فيرديفرسينت كوربوري ... 1707 ، تيوريكا مديكا فيرا ، 1708) ، بحيث أنه لم يسع الى دعم تفسيراته الفيزيولوجية إلا على بروتوكولات العالم التشريحي والأعلى حسابات الفيزيائي . والوجه المفاقرق ان هذا المنظر هو تجريبي عملي ، في معارضته للمنظرين الميكانيكيين . ويرى ، في الطب ، ان التجربة ، أي الطبيعة هي التي يجب أن تستشار . وأمانة للأبغرافية في علم الامراض ، ادخل ستاهل من جديد في الفيزيولوجيا المفاهيم الارسطية حول الغائية العضوية وحول النفس . وفي رأي ستاهل ، الجهاز هو الجسم الذي تتفاعل اجزائه نحو غايات أساسية من أجل الدفاع عن كينونته . إن الجسم الحي ، كجملة من الاجزاء المتناثرة ، يميل ميلاً طبيعياً نحو التفكك ، يعارضه ترابط الرطوبات مع الحركات الحيوية التي تحكمها النفس . وتنقل الرطوبات والدم داخل الجسد يتعلق بقوى ويضغوطات تختلف أساساً عن القوى وعن الضغوطات الميكانيكية . وهذا يبرر الأهمية التي يعزوها ستاهل للحركة

الخطرية (دي موتو تونيكو فيتالي 1692) . ويبدو هذا المظهر النموذجي للقوة الحيوية وكأنه عمل عامر غير مادي يقول سناهل عنه أنه النفس العاقلة . وتحت هذه العلاقة ، هو أيضاً يريد أن يكون نيوتونياً على طريقته ، عندما يرفض افتراض تنوعه في الأسباب من أجل تفسير مفاهيم مماثلة فيها بينها . إن كل حركة غير إرادية من الحي هي ، أيضاً ، ومقدار ما يتكشف فيها من غائية ، حركة تحددها النفس ، وإن بدون حساب واضح وبدون وعي .

الكثير من الشروح الخفيفة خصصت لسناهل ، والكثير من الغموض ما يزال قائماً في غالبية المقارنات القائمة بين أفكاره وأفكار هالر ، حتى ل يبدو أنه من غير المجدي أن نثبت هنا نقطة تاريخ وعقيدة

في نظريته حول الحركة الحيوية الخطرية ، يؤلف سناهل ، بشكل أصيل ، استقراضاً من التعبير واستقراضاً من المفهوم . إن غالين Galien (دي موتو موسكولوروم 8, VII, I) هو الذي سمى حركة خطرية ما يسمى اليوم خطرية وضع ناشط . واستعمل فابريكو داكواباندني Fabrizio Acquapendente لنفس التعابير . واستبدل بورلي كلمة موتوس تونيكوس بكلمة أكسيو تونيكسا . ولكن مفهوم الخطرية ، كخاصة حيوية أساسية غير مؤلفة من مركب من المفاعيل الميكانيكية ، أوجت إلى سناهل من مطالعة غليسون Glisson (1597-1677) : « دي ناتورا سيستتيا انرجيتكا » (1672) و« دي فثريكولو اي انتستيتيس » (1677) .

ميز غليسون Glisson - وهو يدرس ، تحت اسم « برسيبيو » ، ما نسميه اليوم « اثارة الانسجة » ، - بين « الاثارة الطبيعية » - اي الاثارة المباشرة للانسجة ، وهي تتحقق بالحركات التقبضية للانسجة المعوية أو العضلية المبثورة ، بالاستقلال عن كل علاقة بالجهاز العصبي - وبين « الاثارة الحسية » ، - في الحالة التي ينتقل فيها التفاعل المحلي للتقبض عن طريق الاعصاب إلى الدماغ ، ويصبح واعياً . و« الادراك الطبيعي » تتجاوب معه الحركة الطبيعية ، التي تحددها الخصائص الداخلية في الالياف . و« الادراك الحسي » تتجاوب معه الحركة الحسية اي الواعية - ذات الانطلاقة الخارجية أو الداخلية - أي القشورية أو المركزية⁽¹⁾ .

وما يفهمه سناهل بالخطرية هو الصفة الشاملة صفة الاثارة والتفاعلية في الانسجة . ولكنه لا يفصل ، مثل غليسون ، التفاعلية المحلية والتفاعلية ذات المنشأ المركزي . إن كل تفاعلية عليية هي التعبير الغامض المنتشر لمبدأ حيوي غير منقسم ، هو النفس . وهذا المبدأ هو المسؤول عن حركة الخطرية ، التي هي ميزة الحياة . تلك هي احيائية سناهل ، الذي اختصر في تفسير الحركة العضلية ، الكثير من الادوات الميكانيكية ومن التوابع التقليدية ، إنما لقاء - وهذا ما يجب قوله تماماً - زاد اضافي من الميتافيزياء .

(1) راجع اوسي تمكين Owsei Tomkin ، « الجلولور الكلأسيكية في عقيدة غليسون Glisson حول التطور » (نشرة تاريخ الطب 38 ، مرة 4 ، 1964) .

هالر Haller ونظرية الإثارة - يمكن أن نأمل الآن الاحاطة - بصورة أفضل ، بتميز هالر ، ثم بفهم أسباب سيادة نظرياته الفيزيولوجية طيلة قرن من الزمن . من جهة ، لقد اطلع هالر فعلاً على العديد من التجارب حول حركات الحيوانات المقطوعة الزمن ، وعلى الملاحظات حول تحركات أجنة فاقدت الدماغ ، بحيث رفض فرضية الأرواح الحيوانية كسبب للحركة العضلية . ومن جهة أخرى لقد استخلص من قراءة غليسون وستاهل فكرة الخاصة الحيوية في الانسجة . فلاحظ ان كل حركة في الالياف العضلية تقتصر على تقلص ، في الحى ، وعلى تراجع ، في الجثة ، بعد البتر . وسندا لغليسون ، سمى « إثارة » هذه الخاصية الذاتية في النسيج العضلي (كالقلب والامعاء) التي لا تلحظ ، بحسب رأيه ، لا على النسيج الخلوي ، اي الضام الرابط ، ولا على الاربطة أو الضمام ، ولا على الجلد ، والتي تستمر فوق مستحضر طازج من العضل الميتور ، المنقطع العلاقة بالأعصاب أو بالدماغ .

« إن هذه القوة تختلف تماماً عن كل خاصية أخرى في الأجسام معروفة حتى الآن ، والملاحظة بشأنها جديدة . وهي لا تتعلق لا بالوزن ، ولا بالجاذبية ، ولا بالمطاطية ، لانها مختصة بالالياف الطرية ولانها تتوارى في الالياف التي تتصلب » (1747) .

تتعلق قوة اللانثرة ، بشكل دقيق ووحيد ، بينة العضلة ، وليست هي مدينة بشئ الى العصب الذي تعتبر « الحساسية » صفته الذاتية . وقد اقتنع هالر أنه يؤسس هذا التفرق ، وبقوة ، على التجربة ، أو بصورة أدق ، على التجارب . إذ بالثلاث ، يجب عدّ محاولاته لكي يفصل ويجمع الانسجة والأعضاء ، نسبة الى وجود أو غياب هذه أو تلك من الخصائص⁽¹⁾ [اللانثرة أو الحساسية] . ويبدو القلب بالنسبة الى هالر عضواً شديد القابلية للانثرة ، يحفز الدم باستمرار تقبضه . وتأتي بعده بالترتيب الامعاء ، والحجاب الحاجز ، وعضلات الهيكل العظمي . ويقول بوجود قوة ثالثة ذاتية ، وإن ثنوية هي « التقلصية » الخاصة بالنسيج الخلوي (الضامة) .

وبالاجمال يسمى هالر تميجية ما يطلقه الفيزيولوجيون على التقبضية ، ويسمى تقبضية ما يسمونه مطاطية ، ويسمى حساسية ما يسمونه توصيلية في العصب بحيث يمكننا أن نلخص كما يلي الفرق بين مفاهيم ستاهل وهالر . فكلاهما يقول بأن التقلصية في النسيج العضلي ، كردة فعل ضد محفز ما ، هي خاصة عضوية أصلية ، ومن هنا رفضها المشترك لكل تفسير من النمط الديكارتي ، الكيميائي أو النيوتني للحركة العضلية . وستاهل وإن سماها [اي التقبضية] بالحظرة ، لانه يربطها بالحساسية ، أي بالقدرة اللاواعية أو الواعية للنفس ، فإنه يوسع هذه الخصوصية حتى تشمل كلية الانسجة في الجسم . أما هالر ، فبعكسه ، فهو يعطي للتقبضية الاسم الذي أطلق عليها سابقاً (غليسون)⁽²⁾ ،

(1) بارني باس كوربوريس غوتجن ، 1753 . - مذكرات حول الطبيعة الحساسة والقابلة للإثارة ،

لأجزاء الجسم الحيواني ، ترجمة فرنسية ، 1757 .

(2) في « فانتيكولو أي انتيتينيس » ، فصل 6 ، عنوان : « إثارة الألياف » .

وفيما بعد (براون ، وبروسيه ، وكلود برنار Brawn, Broussais, Cl Bernard) ، والمسند الى خصوصية عامة تعود الى ردة الفعل العضوية ، كما لاحظ أن التقبضية والحساسية هما في الواقع قابلتان للفصل ، فاستنتج أن الحساسية أو الاثارة لا تدین بشيء لا للنفس ولا للأعصاب . وعقيدة سنهال كانت حيوية في المبدأ ، مرتكزة على فلسفته الاحيائية . وكانت عقيدة هالر (Haller حيوية -Vita-lisme) في الفعل ، والتأكيد على خصوصية ردات الفعل العضوية ودعوة الفيزيولوجي لكي يضع بنفسه مبادئه في التفسير دون أمل باستعارتها عن غيره .

البحوث اللاحقة حول التقلص العضلي - فصل سبرنغل Sprengel تاريخ المصير الذي أعطاه المعاصرون والخلفاء لنظرية القوى الأولية في الجسم الحيواني ، وذلك من خلال جهودهم لاثباتها أو دحضها ، نذكر ببساطة إن أكاديمية برلين قدمت جائزة سنة 1753 لمسابقة حول تفسير عمل العضلات وإن الجائزة أعطيت الى كلود لوكان Claude Le Cat لقاء مذكرة عنوانها يكفي للدلالة بأن استقلالية وظائف العضلة والعصب لم تكن مقبولة بشكل شامل ، حتى أيام حياة هالر : كتاب الوجود ، والطبيعة وخصائص سائل الاعصاب وبصورة رئيسية أثره على الحركة العضلية .

من الممكن عند وضع مثل هذا السؤال في المسابقة ، أن تكون أكاديمية برلين قد حاولت تقليد المؤسسة - التي اقترح انشاءها و . كرون W.Croone 1633-1684 ، مؤلف كتاب «راسيوني موتوس مسكولوم»- 1664 - في الجمعية الملكية ، «كرونيان لكتشرز» وهي محاضرات مخصصة لمسألة العمل العضلي . وكانت أولى هذه المحاضرات هي التي ألقاها الكسندر ستوارت : « ثلاث محاضرات حول التحرك العضلي » ، 1737 ، والتي كشفت عن لائحتها ، فيما بين 1738 و1791 ، من قبل ج . ف . فولتن J.F.Fulton . وجود مثل هذه المؤسسة يكفي لقياس زخم الاهمية التي أثارها في القرن الثامن عشر مسألة الحركة العضلية .

ولبيان أن الفيزيولوجيا الحيوية للتقبض ، لم تبق نظرية فقط ، نذكر الكتاب الذي طبق فيه بارترز Barthez (1734-1806) قوانين العمل الحيوي في العضلات - القريب في رأيه من الخطورة التي قال بها سنهال ، أكثر من قرينه من « الاثارة » التي قال بها هالر - على وصف وعلى تفسير حركات التحرك الحيواني (سير ، قفز ، شياحة طيران ، الخ) : الميكانيك الجديد لحركات الانسان والحيوان ، 1798 . إنه العمل الأكثر اهمية حول الموضوع ، بعد كتاب بوريلي ، الذي ينازع بارترز مبداه الاساسي المستعار عن غاسندي Gassendi ، ومفاده أن الحيوان يتقدم بفعل ردة الفعل المطاطية للمكان .

وبإنهاء مختصر الدراسات حول التقلص العضلي ، هذه الدراسات المحكمة هببة فيزيولوجيا هالر ، نجب الاشارة الى أن تصفية الشروحات الميكانيكية بنظرية الإثارة فتحت الطريق ، في العقد الاخير من القرن الثامن عشر ، أمام أنماط جديدة من البحوث حول التقلص العضلي ، انطلاقاً من تجارب غالفاني حول الكهرباء الحيوانية وأعمال لافوازييه حول التنفس وحول الطاقة العضوية .

وبين اللحظة التي لحظ فيها لافوازييه وسينين ، إجمالاً ، النسبية المباشرة للعلاقة بين الجهد

العقلي واستهلاك الاوكسجين (1789) ، واللحظة التي وضع فيها رينولت وريست Regnault et Reiset بحوثاً كيميائية حول تنفس الحيوانات ، (1849) ، بصورة مضبوطة ، عن طريق قياس التفاعلات الكيميائية الأساسية للعمل العضلي ، وقعت جملة فرضيات ، بصورة تدريجية أكثر ميلاً الى القياس ، وأقل بعداً عن الهوى ، وحاولت أن توضح التقلص العضلي بالظواهر الكيميائية .

ومنذ سنة 1801 أشار ريشران Richerand ، في كتابه عناصر جديدة في الفيزيولوجيا ، فقط الى فرضيات كيميائية حول التقلص العضلي . ودونها ك . سبرنغل K.Sprengel سنة فسنه ، في استعراضه الانتقادي لتاريخ الطب بخلال السنوات العشر الاخيرة من القرن الثامن عشر . وهذه الفرضيات الكيميائية ليس لها إلا أهمية أدبية بالطبع . وإن أشرنا مجرد إشارة الى أن التشريح الشهير ج . ش . ريل J.C. Reil 1759-1813 سمح لنفسه بأن يضع ضد الحيوية ، مادية كيميائية ، في مذكرته « فون در لينسكرافت » فذلك لان هذه المحاولة افتتحت ، سنة 1796 ، المنشورة الشهيرة ، التي اسمها ريل Reil بنفسه : « لوشيف الفيزيولوجيا » .

٧ - وظائف العصب والجهاز العصبي

إذا كانت نظرية هالر Haller حول اثاره الالياف العضلية قد أعادت الى فيزيولوجيا العضلة الخدمة الاكيدة ، خدمة تحويل الأفكار عن هية الرسيمات الميكانيكية وجعلها متاحة وقابلة لطرق جديدة دراسية ، انطلاقاً من نجاحات لافوازيه الأولى في مجال الكيمياء الاحيائية ، فلا يمكن الادلاء بذات القول بالنسبة الى فيزيولوجيا الجهاز العصبي . فبعد شديد الفصل بين وظيفة العضلة ووظيفة العصب ، ساهم هالر ، بدون علم منه ، في اظلام معنى وأهمية أعمال مجموعة من المراقبين العباقرة والمجريين المهرة الساعين - عن طريق تحليل شروط ممارسة قدرة التحرك اللاإرادي - إلى إقامة العلاقات الصحيحة بين الحركة والاحساس . ضمن هذه العلاقة ، كان الالهام - الذي كان بإمكان فيزيولوجي النصف الثاني من القرن ان يعثروا عليه في قراءة ستاهل - أكثر خصباً ، وإن بدا ظاهرياً أميل الى الميتافيزيا وأقل قرباً من الوضعية . ومبدأ الاحيائية [= كل شيء حي] ، بتوجيهها لإياهم نحو مفهوم الكائن الحي المحافظ على نفسه والمتصرف بصورة غائية ككل ، وتوحي لهم الاحيائية بفكرة توجيهية أكثر صحة حول الوظائف المنظمة والنسقة للجهاز العصبي . وجاءت هذه الفكرة تدعم وتؤجج الاهتمام الذي كان الأطباء العياديون يمنحونه بصورة تقليدية الى وقائع « الاستلطاف » ، اي إلى ردة الفعل من بعيد الدالة على أن البنية العضوية هي « اتفاق وتوافق » بين أعضاء ووظائف .

التفسيرات المختلفة للحركة الاتوماتيكية - إن المسألة الأكثر أهمية في الفيزيولوجيا العصبية في ذلك الزمن كانت بأن معاً تثبيت العلاقة بين توصيلية التحفيزات ، وهي شروط أساسية في الحركات ، والاحاسيس كوعي للتحفيزات ، ومن جهة أخرى العلاقة بين إعصاب العضلة ووظيفتها التقلصية واقتضت حلول هذه المسألة ، بالضرورة موقفاً تجاه مكان وأعضاء الحساسة وتثيلها أو عرضها ضمن جدول إجمالي قد يتيح إدراكاً أفضل لاصالة فاعليها .

وهناك حدث معروف في كل وقت ، وقد تصوره ارسطو أولاً وغاليان Galien ، هو وجود حركات غير إرادية ، وفي الغالب غير واعية أيضاً ، بعضها حيائي مثل النبض والثانية حيوانية مثل تقلص بؤبؤ العين بفعل الاضائة . ولكن يوجد عدة تفسيرات ممكنة لهذا التحديد غير الواعي لردة الفعل تجاه التحفيز .

والذي يعتبر الدماغ بمثابة خزان للارواح الحيوانية وكمناً للاعصاب التي توزع هذه الارواح ، وأيضاً كمركز إما بمجمله ، أو في قسم من اجزائه ، أو كخزان لنفس حساسة غير منقسمة إرادية وعاقلة ، يجب عليه أن يقبل ، في بعض حالات الانوماتية ، بأن الوصلة الدماغية بين التحفيز وردة الفعل التالية يمكن أن لا تلعب إلا دوراً ميكانيكياً . تلك هي حالة ديكارت في القرن الـ 17 وحالة استروك Astruc في القرن الـ 18 .

والذي يأخذ في الاعتبار احداث حركات الاعضاء المنفردة (قلب مقطوع لضفدعة أو لحنكيسة) أو حيوانات مقطوعة الرأس (برمائيات زواحف طيور) ، أو لأجنة من غير دماغ (ملاحظات هالر وملاحظات لوكات ، ووينسلو وبروشاسكا Le Cat, Winslow, Prochaska) وبالتالي لا يأخذ في الاعتبار الوصلة الدماغية كضرورة في العلاقة بين التحفيز والحركة ، هذا الشخص قد يتردد بالمقابل ، بين تفسيرين . وإن نحن ماهينا ، من حيث الفهم ومن حيث الاتساع ، مفاهيم الحساسية والوعي الحسي ، وإن اعتبرنا الدماغ كمضرب للوعي الحسي ، فلنأنا نجر ، بفعل ملاحظة الحركات الانوماتيكية اللاواعية ، إلى إنكار وجود الوصلة الدماغية كشرط ضروري للحركة . وهالر حين تصور الاثارة كردة فعل خصوصية ذاتية من بعض الانسجة تجاه محفز محلي ، يدفع الى أقصى حد بهذا الميل الى اللامركزية .

وبالعكس إن اعتقدنا أن الحساسية والوعي هما مفهومان لا يغطي أحدهما الآخر وإن وظائف النفس تنقسم على الأقل من حيث موقعها ، وإن الاحساسية قد تكون غير واعية دون أن تفقد أن يكون لها موقعها المركزي ، عندئذ يمكن التردد بين كيفيتين في تصور هذا الموقع المركزي للحساسية غير الواعية .

وإن افترضنا أيضاً أن العصب يتلقى من الدماغ الارواح الحيوانية التي يسوقها ، فيتوجب ، مع الحفاظ على حصريّة مكان دماغي للنفس ، يتوجب الاعتراف ، ضمن هذا المكان أو الموقع بوجود طوابق متميزة ومنفصلة . ذلك هو حال ويليس Willis في القرن السابع عشر .

وإن احلينا محل الارواح الحيوانية ذات المنشأ الدماغي ، قوة عصبية متعايشة مع النظام العصبي ، فبالامكان الانجرار الى افتراض وجود مراكز أخرى حساسة وتنسيق احساسي حركي غير الدماغ . وهذا يقتضي افتراض وجود نوع من الحساسية غير المحسوسة ، وذلك بسبب رئيسي هو وجود واقعة نهبت أفكار ستاهل للعديد من الملاحظين اليها . وهذه الواقعة هي أن الحركات الحيوانية حتى الاوتوماتيكية تحتفظ بحس تكيفي وحفظ لذات الجسم كله ، وبالتالي فإن هذه الحركات

لا ترد إلى أوالية، وتحفظ بعلاقة ببعض الوظائف، علاقة في أساسها نفسانية، وإن بصورة غامضة. ذلك هو حال ويت وأنزر وبيروشاسكا Whytt, De Unzer, Trochaska في القرن الـ 18، ومال فلوچر Pflüger في القرن الـ 19.

في هذا الموقف الأخير تستدعي تفسيرات الحركة الأوتوماتيكية الاستعانة بالنفس كقوة احساسية مشتركة غير مميزة، ونرى فيها البحوث التشريرية حول بنية المخيخ والحيل الشوكي تتداخل مع محاولات الأقلية داخل وخارج الدماغ لهذا الاحساس المشترك، ومع التجليل التجريبي للشروط العصبية في الظواهرات للحركة.

ومن مراجعة كل هذه البحوث اخذت فكرة الحركة الانعكاسية تتكون بصورة تدريجية خلال القرن 18.

تحديد مكان الحس المشترك وتشكل فكرة الحركة الانعكاسية - أشار ديكارت في كتابه: « وصف الجسم البشري » 1664، أنه إذا كانت النفس لا تستطيع حفر حركة في الجسم إلا تحت شرط توفر استعداد لائق في الاعضاء، وبالمقابل « عندما يكون الجسم قد وضع جميع أعضائه استعداداً لأي حركة، فإنه لا يحتاج إلى النفس من أجل إحداثها ». وكان « كتاب الانسان » تفكيراً للألة البشرية في حالتها، قبل اتحادها بالنفس قبل أن تكون جهازاً بشرياً. وفي ظل العلاقات الحسية المحركة مع الجوارح أو البيئة، تكون الوظيفة الأساسية لهذه الألة هي العلاقة التبعية الدائمة بين التحفيز والحركة، بدون تدخل الوعي. وقد وصف ديكارت لهذه الغاية بعض الظواهرات التي سميت فيما بعد بالانعكاسات مثل الانعكاس البؤري، والانعكاس التراجعي الذي يقوم به العضو تجاه حرق، وانعكاس تمدد الذراع أثناء السقوط.

وقد أعطى وليس عن هذا النوع من الحركات المثل النموذجي، انعكاس الحك (شريكتون)، وذهب إلى حد أبعد مما ذهب إليه ديكارت عندما سمي هذه الحركة صراحة « بالحركة الانعكاسية »، محدداً ضمن تعريف المفهوم المقابل: « تكون الحركة انعكاساً عندما تتعلق مباشرة بالحاسس سابق بصفته سبباً أو فرصة ظاهرة، عندها يترد للتر، نحو نقطة المنشأ » (في حركة العضلات، 1670).

وأفترض وليس أن كل حركة تقتضي دفقاً منطلقاً من المركز، من الأرواح الحيوانية، إنطلاقاً من المخيخ، وليس فقط من الدماغ - ولكنه ميز بين الحركات الإرادية المحكومة بالدماغ، مثلاً التنقل، الحركات الطبيعية أو غير الإرادية المحكومة بالمخيخ والحيل الشوكي، مثل التنفس أو الانبض القلبي، وبذات الوقت ميز بين نفسين، النفس الحسية والعاقلة والثانية الحسية الحيوانية المشتركة بين الانسان والحيوانات (دي أنيا برتورون، 1672). والتجديد التوبوغرافي لمراكز هاتين النفسين واقع عند الانسان، في الأجسام التشبكية، وهي مركز الحس المشترك في النفس العاقلة، وعند هذا المستوى يتم التميز بين الأحاسيس الحسية المعكوسة كمحركات، بدون الرجوع إلى الوعي، والأحاسيس المدركة

صراحة كأحاسيس من قبل النفس .

في القرن الثامن عشر خصص فينسنت Vieussens (1715-1641)، وبورهااف Boerhaave (1747-1678) La Peyronie ، ولوري (1785-1725)، وهالر Haller، ولايرونى حتى لا نذكر الا المهمين من بين جمهوره من التشريحيين ، للحس المشترك ، أماكن عضوية متنوعة ، بحسب الفكرة التي كونوها ، بحسب تقنياتهم في التشريح وبحسب النتائج الحاصلة ، كما عينوا مناطق دماغية لاصول الاعصاب . وفي أواخر القرن لم يخش المشرح الكبير سوميرنغ Sommering (1830-1755) من توطين الاحساس المشترك في مضالة بطينات الدماغ (أوبرداس أورغان درسيل ، 1796) ، وهو رأي لم يأنف كاتظ من النظر فيه .

وإذن لا مجال للعجب أن نرى جان استروك Jean Astruc (1766-1684) ، في مونبلي ، بوطن الحس العام المشترك في المادة النخاعية (المادة البيضاء) من الدماغ . وأتاح هذا التوطين لهذا المؤلف أن يقترح تفسيراً لظواهر الاستطلاف الذي يتضمن ، من جليد ابتداء من ويليس ، فكرة الحركة الانعكاسية (أن سمبانيا بارسيوم ... 1736) . كيف يحصل بعد تحفيز أو تخريب قسم من الجسم ، أن يقوم قسم آخر بالعمل (الفاعل) من بعيد ؟ رفض استروك Astruc التفسير ، الشائع يومئذ ، وموجه تربط بعض الياف الاتصال الاعصاب فيها بينها . ويرأيه ، تكون كل الالياف العصبية مفصولة ومستقلة ، من الدماغ الى الاطراف او الحواشي . وفسر استروك Astruc انفعال الاستطلاف بالانعكاس الفيزيائي للمشاعر في لب الدماغ . وعندما تأتي الارواح الحيوانية ، المحركة بفعل الاثارة ، والموجهة نحو الدماغ من قبل العصب ، فتصدم احد الياف النسيج الدماغي ، فقد يحدث ان « تنعكس وفقاً لاتجاه يرسم زاوية انعكاسية تعادل زاوية النزول » وتحتفي في ثقب عصب محرك واقع على هذا الاتجاه المنعكس .

والعطس هو مثل الانعكاس الذي اختاره استروك : تهييج المنخرين يحفز ودياً ثقب الفشاء الحاجز « وفقاً لاولية مرجمه وسريعة ، وبسيطة ويمكن أن تتألف في ثأويل كل الوديات من ذات النوع » . ويجب أن نذكر عرضاً أن هالر عرف وذكر هذا الشرح للوديات ، دون أن يدرك مداها الممكن بالنسبة الى نظرية آلية الحركات . إن نظريته حول الاثارة تمنحه من ذلك .

روبر ويت Robert Whytt . تصوره لوظائف الحبل الشوكي - ان روبر ويت (1714-1766) ، من اذنبه ، - يرفضه ، مثل استروك ، تفسير الوديات باتصالات خارج الدماغ ، بين الاعصاب ، وبمعجزه عن القبول ، كما فعل هالر ، بإثارة عضلية مستقلة عن الاحساسية - انسطر الى ابتكار مفهوم تجديدي بحق لوظائف الحبل الشوكي . وفي كتابه « محاولة حول تحريك الحيوان لا إرادياً » (1751) ، حاول ويت ان يثبت عبر الملاحظة وعبر التجربة ان الحركات هي دائماً من مفاعيل تصميم النفس ، التي دافعها ، مرة الادراك الصريح الواضح ، ومرة الاحساس الغامض في تطبيق حافظ يعمل في الجسم . وفكرته الموجهة ، في تفسير الحركات اللاإرادية ، هي ان هذه الحركات لها غاية بادية ، أي إبعاد أسباب المشاعر القبيحة . مثلاً ، ان التقلص عند تضيق البؤبؤ مع الضوء ، لا يتعلق

بالفعل المباشر للضوء على القرنية ، بل للاتيهار المزيج المستقل الى الروح عن طريق الشبكية والعصب البصري .

« والنهاية العامة لكل الحركات هو ابعاد كل ما يثير ، ويزعج او يتحرك انسجام وظائف الكيان الحيواني » . والمعنى الحيوي لكل الحركات (المعنى الذي لم ينجس ويت أن يشبهه بالمعنى الادبي ، الآتي ، اللامنتقي) هو الذي منع من اعطائها اسباباً ميكانيكية خالصة . ولكن ويت ينكر أن يكون « ستاهلياً » ، واحداً من أولئك الذين « تخيلوا أنه لا يمكن استخدام النفس لتفسير هذه الحركات إلا إذا قبلنا برأي الستاهليين بأكمله » . إن المبدأ الحسي ليس النفس العاقلة والحاسبة ، أو بصورة أدق ، إنه هذه النفس بالذات - ولا توجد نفسان - بمقدار ما تقلع عن الحساب وعن التفكير ، وبمقدار ما تكفي أن تكون احساساً آتياً ، ومن جراء هذا غير واع . من الناحية الفيزيولوجية ، إن هذا يعني أن العصل لا يتقلص إلا إذا أثير ولكن ويت لا يجهل أية حجج يستمددها هال ، تدعياً لنظرياته ، من مراقبة حركات الحيوانات المقطوعة الرأس أو الاعضاء المتبورة . عندئذ افكر بدور الحبل الشوكي في التحديد الحسي للحركة .

« لأن الحبل الشوكي ، لا يبدو فقط أنه امتداد للمخ والمخيخ ؛ ولكن من الممكن أنها تعد سائلاً عصيباً بذاتها ، وإنه بهذا السبب تدوم الحركات الحيوية وغيرها ، طيلة اشهر في سلفه قطع رأسها » .

وفي كتاب لاحق ، ظهر سنة 1764 ، وترجم الى الفرنسية سنة 1777 ، تحت عنوان « كتاب الامراض العصبية الوسواسية والمستيرية » يذكر ويت التجربة التي سبق أن أجراها الكسندر ستوارت Alexander Stuart (1736) ، وهي وخز القائمة الخلفية لضفدع مقطوع الرأس .

نلاحظ « عادة حدوث أقوى الاختلاجات ، ليس في الفخذين فقط والركبتين ، بل في الجذع والجسم بالذات ؛ وفي بعض الاحيان يضطرب الضفدع بحيث يغير مكانه » . إلا أن هذه الحركات الودية - ونقول اليوم ، انعكاسات - تتوقف حالما تنقطع الصلة بين العضو المستحث والدماغ والحبل الشوكي ، وهما منشأ كل الاعصاب : « وتدخل غالبية عضلات فخذ وساق [ضفدعة] في حالة التقلص ، حتى بعد قطع رأس الحيوان ، شرط أن يكون الحبل في العمود الشوكي قد بقي كاملاً ؛ ولكن عندما تتلف هذه المادة النخاعية أو تسحب ، فإن الياف العضلة ، التي تكون قد حضرت ، ترتخف قليلاً ، ولكن العضلات المجاورة تظل في سكون كامل » .

لم يلفظ ويت كلمات انعكاس للمشاعر ، لكنهما عند استروك عرضت ضمن إطار من الفيزيولوجيا الميكانيكية . ولكنه الاول الذي ثبت ، دون أن يسمى ، من دور الحبل الشوكي كمركز انعكاس .

انتقاد اوتزر - نصب ج . آ . اونزر J.A.Unzer (1799-1727) ناقداً لـ « ويت » فميز احساس العصب والحسامة بالذات وزعم أن حركة الحي ليست معدلة بالضرورة من قبل النفس ،

وإن كانت غير قابلة للرد إلى ظاهرة ميكانيكية . إن الجسم الحيواني هو تماماً جهاز من الآلات ، ولكن هذه الآلات هي إما طبيعية أو عضوية أي أنها آلات حتى في أجزائها الصغرى ، كما قال لينيز Leibniz عنها . وليس من الضروري أن يكون للآلة الحيوانية دماغ ، وروح . وهذا لا يعني بالضرورة أن تكون القوة العصبية ، عند الكائنات بدون دماغ ، مجرد عمل ميكانيكي . إن القوة العصبية هي قوة تنسيق وربط للآلات العضوية . ويكفي لتشغيل هذه الوظيفة أن تسمح عقد وظيفية ومقاطع عصبية ، لشعور عصبي من منشأ خارجي أن ينعكس إلى إثارة ذات منشأ داخلي موجه نحو هذا العضو أو ذلك . إن حركات البلوب ، وهو حيوان بدون مخ ، تفسر هكذا . وهذا التفسير يصح بالنسبة إلى الففريات المقطوعة الرأس .

« مثل هذا العمل العصبي ، المعزى إلى انطباع حسي داخلي ، غير مقترن بتمثيل أي تصور ، انطلاقاً من انطباع حسي خارجي ، هو مثلاً ما يحصل عندما تقفز ضفدعة مقطوعة الرأس ، على اثر وخز أصبعها » (ارست غروندي ، ... ، 1771 ، 495 - « المبادئ الأساسية ، في فيزيولوجيا تتنقل بالطبيعة الذاتية للأجهزة الحيوانية »)

وهكذا يظهر قوام اصالة أونزر Unzer : رفض مهادة اللاميكانيكية بالاحيائية ؛ لا مركزية ظاهرة انعكاس الإثارات التي لم يعرف ويليس Willis واستروك كيف ينصرونها إلا بعد إعطائها مركزاً دماغياً .

تركيب بروشاسكا - نجح ج . بروشاسكا G. Prochaska (1749-1820) وهو استاذ تشريح وعلوم العين في براغ وفي فينا ، أن يؤلف بين ملاحظات ويت حول وظائف الحبل الشوكي وفرضيات أونزر حول امتداد الوظيفة العصبية المنعكسة خارج الدماغ . ورأى بروشاسكا في مذكرته حول « وظائف الجهاز العصبي ... » (1784) إن فيزيولوجية الجهاز العصبي قد حصرت كثيراً بالدماغ ، وإنما تجاهلت كثيراً التشريح المقارن ، وإنما بالتالي ، وقبل أونزر ، قد تجاهلت أن القوة العصبية - لقد انتهت مسألة الأرواح الحيوانية - تتطلب فقط سلامة العلاقة بين الألياف العصبية ، والحس العام المشترك ، المتميز عن الدماغ . إن العصب الحسي يستطيع - بدون إتصاله بالدماغ ، بحكم إتصاله بالعصب المحرك المرتبط بالعضل ، وبواسطة الحس المشترك - أن يؤدي إلى تحويل الاحساس إلى حركة . حتى ولو أن بروشاسكا لم يقطع أيضاً وبصورة نهائية مع الرأي القائل بأن الحبل الشوكي هو ضمة من الاعصاب ، فقد أكد بشكل جنري بأنه مع البصلة ، مركز الاحساس العام ، الشرط الضروري والكافي لعمل العصب ، وإن قسمة البصلة تعني قسمة القوة العصبية دون القضاء عليها ، مما يفسر استمرارية القابلية للإثارة وللحركة لدى الضفدعة التي قطع حبلها الشوكي . وعند مستوى الحبل الشوكي يجري ، برأي بروشاسكا ، انعكاس (تحول) الاحساس إلى حركة . ويعكس ما قاله استروك ، لا يعتبر بروشاسكا هذا التحول ظاهرة فيزيائية خالصة ، لا تخضع إلا لقانون شبيه بقانون الانعكاس البصري ، ولكن بنفس عقلية ويت ، يحكم بأن الانعكاس التفاعلي للمشاعر العصبية يخضع لقانون بيولوجي هو حفظ الحي .

والامثلة التي أوردتها بروشاسكا هي تلك التي سبق أن وصفها ديكارت وأستروك على التوالي : اغلاق الجفنين والعطس . وقد عرف بروشاسكا ، بأفضل من سابقيه ، علاقة الحركة الانعكاسية بالوعي : وقد ميز صراحة مظهر هذه العلاقة كآلية اضطرارية عن مظهرها كلاوعي اختياري ومقطع ، وسند هذا التمييز بحجج من التشريح المقارن . في السلسلة الحيوانية يضاف الدماغ الى الحس المشترك . وعند الانسان ، أضيفت النفس الى الجسد بفعل الله ، وعلى كل « انها لا تحدث على الاطلاق اي عمل يتعلق تماماً فقط بالنفس ، ولكن كل أعمالها تتم بفعل الجهاز العصبي ، كما تتم بألة هذه الأعمال » . ونرى هنا بروشاسكا ينتهي حيث ابتدأ ديكارت : إن النفس تستعمل في حالة الحركات الارادية ، جهازاً يمكن أن يعمل أيضاً بدون مساعدة وبدون اذن . ولكن الاطار التشريحي الفيزيولوجي لهذا التأكيد يختلف جداً ، لأن بروشاسكا يرى الجهاز العصبي لا « كمعوم » مثل ديكارت ، بل كسلسلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، وكنية معقدة بصورة تدريجية وتراتبية ، يشكل الدماغ البشري كاملها دون أن يكون مغطها أو صورتها .

وتبعت بحوث الفيزيولوجيا العصبية ، مع ويت ولونزر وبروشاسكا ، طريقاً غير ديكارتي ، ليس فقط بابتعادها عن المسلمات العامة في الميكانيكية ، ولكن ربما أيضاً باستعمال أسلوب غريب عن التعاليم الديكارتية ، وتحليل الوظائف الفيزيولوجية لا يمكن أن يدفع أكثر الى الامام ، بالارتكاز فقط على تشريح الاعضاء والمثالثات الميكانيكية . والتشريح لا يعني ، بالمعنى الصحيح ، تقسيم الصعوبة . بالمقابل ، إن الطريقة المقارنة للوظائف وللبنيات المقابلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، تتيح ، في فيزيولوجيا العصب - كما أتاحت لسبالانزي Spallanzi في فيزيولوجية النفس أو الدورة الدموية - إثبات المظهر الاسامي الاول لوظائفه ، هذا المظهر الاسهل إدراكاً في حالة الاجسام الاقل دقة في التكامل . وعلى هذا فالحيوانات المسماة « ذات الدم الباردة » (البرمائيات والزواحف) اعتبرت في نظر المراقبين والمجربين معدات غثارة . وحتى من خلال المختصرات السابقة ، يمكن أن نرى كم كانت الصدفة ، اذا أمكن القول ، البنت الجيدة بالنسبة الى الفيزيولوجيين ، لقد استفادوا منها كثيراً كما خدمتهم جيداً .

ولادة الفيزيولوجيا الكهربائية - إن الصدفة هي التي أتاحت لغالفاني Galvani ، في بولونية (ايطاليا) اكتشاف وظائف العصب في طريق قطع فيه فيزيولوجيو القرن اللاحق شوطاً كبيراً الى الامام ، بفضل تقنية الفيزيولوجيا الكهربائية . وتأثير السائل العصبي للشرارة الكهربائية على الاجسام كان احدي عجائب القرن وحتى احدي تسلياته . إذا كان كالداني ، من بادو قد استعمل قنينة ليد Leyde ، التي صنعت سنة 1745 ، لدراسة مفاعيل الشحنة الكهربائية على القلب والعضلات (1756) ، فبالمقابل استعملها الأب نولي Nollet لاثارة الدهشة وللتسلية وذلك حين حمل لأول مرة ، 180 جندياً من الحرس الملكي على القفز ، وللمرة الثانية 700 راهباً مسكينين بأيدي بعضهم البعض ، بفعل شحنة كهربائية من قنينة قوية . وبصورة أقل استعراضاً ، لاحظ ويت Whytt سنة 1751 ، المفعول التقضي والغذائي للهزة الكهربائية على العضلات المشلولة . وقرر ولش ، بتجارب أجراها في

مدينة لا روشل La Rochelle 1772 الطبيعة الكهربائية للهزة التي تحدثها السمكة الرعادة وهي ظاهرة اعتبرها هالر Haller ، متبعاً مثال بوريلي Borelli ، مجرد عمل ميكانيكي . وإذا ليست الصدفه فقط ، هي التي أناحت لغالفاني Galvani عندما كان يدرس في سنة 1780 تأثير الشرارة الكهربائية: على عضلات فخذ الضفادع ، ان يلاحظ وجود تقلصات محدثة ، بدون شرارة ، تحت تأثير قوس مكون من معدنين مختلفين . وقد جاءته الفكرة لان الكهرباء كامنة في الجسم بالذات ، فتابع التجارب لكي يجدد أباً من الاثنين : العضلة أو العصب ، هو المركز ، وأبها الموصل (فيريباس الكترستي . . . 1791). وأثار النقاش بين غالفاني Galvani وفولتا Volta الذي كان ينازع في وجود كهرباء حيوانية العديد من الاعمال ، من بينها أعمال فالي Valli وأعمال الكسندر دي هبولد d'Alexandre de Humboldt . وهكذا ، وينفس الوقت الذي تلقت فيه وظيفة النفس الحيواني ، من الكيمياء تفسيرها الأول التجريبي والدقيق ، وجدت وظائف العصب والمراكز العصبية ، في التيار الكهربائي ، أكثر من مجال مشابهة ، من اجل تفسير طبيعة القوة العصبية كما وجدت وسيلة تقنية حاسمة من اجل التحليل الصحيح لشروط عملها . وكانت نتائج هذه التقنية التحليلية . قد ازدادت بعد ذلك عدداً كما ازدادت دقة ، خاصة ، وبخلال العقود الأولى من القرن التاسع عشر ، عندما قام ليفا لوا Le Gal-lois بين التجزؤ الوظيفي للمركز النخاعي (1809-1812)، كما قام شارل بل أولاً (1811) وماجوندي تالياً 1822 فميزا بين الوظيفتين المحركة والحسية ، وكذلك الجذور الداخلية والخارجية للأعصاب الفقريه Rachidien .

VI - الغدد وافرازاتها

كان يبدو اكثر ملاءمة للنظام الفيزيولوجي ، أن نرسم تاريخ نظرية الافراز ، بعد تاريخ الدورة الدموية وقبل تاريخ الفيزيولوجيا العضلية والعصبية . ولكن تاريخ الدراسات المتعلقة بالافرازات تمتاز بأنها تؤكد ، الآن ، أن الاطباء الفيزيولوجيين في القرن 18 قد أحسوا أكثر فأكثر ، وبحدة باستحالة الاكتفاء بالرسيمات التفسيرية التي قلمتها الطبابة الميكانيكية .

لقد أعطى ديكارت (كتاب الانسان) وبوريلي (موتي اغاليوم ، قسم 2 ، فصل 9 و 10) للغدد بنية ووظائف الغربال ، قال بوريلي (الطرح 145) : « ان الصفراء يمكن فصلها عن الدم ، في الكبد ، بخدعة ميكانيكية ، وبدون الاستعانة بأية خهيرة » وأضاف بغليفي Baglivi (فييرا مونتريس . . . 1701 : مبيسيمن . . . ، 8،10) الى نموذج الغربال نموذج المصفاية أو المرشح . ولخصت مقالة « الغدة » التي قلمها العالم التشريحي تارن الى الانسيكلويديا ، لديدرو ودالمير- Dider-ot et d'Alembert ، هذه المقالة لخصت تماماً كل الفرضيات التي كانت معروفة بومث ، لرد الافراز الى عملية غريفة لاجزاء متشابهة عند مستوى مسام مختلف الكثافات . وقد ارتد الجدل بين مالبيجي ورويش Malpighi et Ruysch ، فيما يتعلق بالبنية التشريحية للغدد - الاول اي مالبيجي Malpighi

قال بوجود قناة شعرية فلوزة ، مسكرة من جهة جذور الغدد العنقودية ؛ والثاني قال بأن الغدد هي مجموعات الاوردة بدون وضع غشاء حاجز فيما بينها ويسن التجويف الافرازي . هذا الجدل دار لمصلحة الاول بفضل تجارب فرين Ferrein (1693-1769) مستعملاً تقنية الحقن في القناة المفروزة 1749 . وعلى العموم لم يشعر احد بأن الثبوت من البنية الغددية الخاصة يساعد الفرضية القائلة بوجود وظيفة خصوصية لفصل الاخلط والرطوبات .

وجمع هالر في الكتاب الثاني (1760) من عناصر « الفيزيولوجيا » (مقطع 1-2-3) الذي كان مستمراً في تفضيل رأي رويش Ruysch على رأي مالبيجي Malpighi ، غتلف الشروط التي كانت معتمدة حتى ذلك الحين ، لكي يفسر تنوع الافرازات ، ولكي يضيف اليها - وهذا مشكوك به - التغيرات في القدرة على تجميع المجاري الافرازية . وتضمنت مراجعته للنظريات التفسير الذي اقترحه جاس كيل James Keil ، مضيفاً الى المجال الحيواني تشريح الجاذبية النيوتونية . وبذلك الصفة الانتقائية للافرازات مشروحة بصورة جزئية بفعل تجاذب الاقسام المتجانسة في الدم فيما بينها ، يساعده في ذلك تباطؤ سرعة دوران الدم ، نسيباً مع بعلها عن القلب .

ولكن إذا كان النموذج النيوتوني في التفسير قد ذهب الى رفض النموذج الديكارتي ، فإن ذلك لم يحصل فقط لاسباب رياضية خالصة . إن القدرة الالغائية في مفهوم الجاذبية تعود أيضاً الى غموضها . فالجاذبية مثل التعاطف تثير نوعاً من الميل أو الاتجاه ذي الطبيعة النفسانية الغامضة . والعلاقة بين العضو الفارز والوسائل المقروزة يمكن أن تشبه علاقة اللياقة أو التفضيل ، ويصبح الافراز انتقاء واختياراً . ولهذا لا مجال للدهشة أن تتضمن الانسيكلوبديا ، في مقالة « الافراز » والتي كتبها طبيب من مونتبلية هو هنري فوكيه Henry Fouquet ، 1727-1806 ، تشبيه ظاهرة الافراز بشيء من الاحساس ، والفرضية القائلة بأن كل غدة ، وكل ثقب له مذاقة الخاص . كان فوكيه ولا شك مبسطاً أكثر مما كان منظراً ، وهو بدرجة أقل أيضاً تجريبي . ولكنه استخدم فقط أعمال أحد كبار الاطباء في ذلك العصر : تيوفيل دي بوردو Théophile de Bordeu 1722-1776 الذي استنتج ، في « بحوثه التشريحية حول الغدد » (1751) ، استحالة القبول بأن أعضاء مثل الغدة الدرقية والبنكرياس والطحال والكبد ، الواقعة كما هي في الجسم الحيواني ، تكون خصائصها الافرازية بسبب أعمال ميكانيكية خارجية مثل الكبس أو الضغط .

وبحسب بوردو Bordeu يعتبر الافراز عملاً خاصاً بالغدة أو نوعاً من الاختلاج الذاتي ، تحت تبعية فعل الاعصاب . وقد احل بوردو محل الإثارة التي قال بها هالر الحساسة كمبدأً وحيد لتفسير ذاتية الافراز . وهكذا تعتبر هذه الوظيفة ، بعد غيرها من الوظائف حيوية نموذجية ، لا ميكانيكية ولا كيميائية .

ويجب أن نشير في هذه الاثناء أن كتاباً من أمثال هالر أو بوردو ، مع رفضهم للتفسيرات الميكانيكية ، يحفظون بمسلة مشتركة مع خصوصهم ، أي أن السوائل المنفصلة عن كتلة الدم بفعل

العدد الافرازية توجد فيه تحت نفس الشكل السابق على الافراز . وكان لا بد من انتظار القرن التالي وملاحظات علماء الأنسجة أمثال ج. غودزير J.Goodsir (1814-1867) في سنة 1842-1845 ، ود. هيدنهين R.Heidenhain (1834-1897) في سنة 1868 و 1874 ، ول. رونفيي L.Ronvier في سنة 1869 ، حتى يتم فهم الافراز ، عند مستوى الخلية الحية ، كعمل فيزيولوجي ، وكصنع ناشط لمتوج بدون مثل سابق .

VII - نظرة اجمالية حول فيزيولوجية القرن الثامن عشر

في حوالى سنة 1780 ، ويفضل أعمال لافرازيه وغالفاني، أصبحت الرسيمات التفسيرية التي وضعها اطباء الميكانيكيون متخلفة بصورة نهائية . فالكيمياء والفيزياء هما اللتان سوف تقدمان للفيزيولوجيا نماذجها . وسوف تخلف القوانين ، بالمعنى النيوتوني للكلمة قواعد الميكانيك . وروح نيوتن التي نسجت على العلم في هذا القرن جددت الفيزيولوجيا ، لا باستيراد المفاهيم - وقد رأينا عقم المحاولات التفسيرية (عن طريق الجذب من بعيد) للتقلص العضلي - بل عن طريق تنافس بين الطرق . واتجه الفيزيولوجيون - وقد اتبهم باطل هذه التفسيرات الشفوية المتنافسة - نحو ما قدمته الوظائف الحياتية من خصائص ذاتية . إلا أن هيمنة النيوتونية ولدت أيضاً لدى الكثير من المفكرين النظريين عقيدة راسخة وثابتة .

وكردة فعل ، أراد الموقف الحياتي ، الذي كان موضوع تأمل سهل - فهو لم يقف بوجه التجريب ولا المفهومية في مادة الفيزيولوجيا العصبية بل بالعكس - أراد أن يكون فقط نمطاً نيوتونياً من الانتباه للاتصال الخاصة بالوظائف البيولوجية ، دون تفلسف حول أسبابها . وكذلك المدرسة المسماة مدرسة مونتپلييه Montpelier ، لم تتضمن مع بورديو وبارتز كذلك اي ميتافيزيك ، فيها كانت تسمى الحركة الحيوية أو المبدأ الحيوي ، أكثر مما فعله هالر فيها سماه الإثارة .

ويمكن لكتاب « عناصر جديدة في علم الانسان » (1778) ، لمؤلفه بارتز Barthez ، ان يعتبر ، بدون ثموه ، معالجة منهجية في التجريب الفيزيولوجي ، العملي ، انطلاقاً من مبدأ مزدوج السلبية : « المبدأ الحيوي للانسان يجب أن يفهم بموجب أفكار مختلفة عن الافكار المتكونة عن صفات الجسم والروح » . وكذلك ، لقد ظلم بيشات Bichat (1771-1802) كثيراً ، وفي أغلب الأحيان ، لأنه طالب ، في كتابه « بحوث فيزيولوجية حول الحياة والموت » (1800) ، باستقلالية الطريق البيولوجي . . . وعلى نقیض الفيزيولوجيين النيوتونيين المتشددین من أمثال كيل Keil ، لم يؤكد بيشات Bichat الا على خصوصية قوانين التنظيم الحيوي . وقد شدد على عدم استقرارية المظاهر الحيوية . والواقع أنه لم يقل ان هذه المظاهر كانت غير محددة وفوضوية ، لقد أنكر أن تكون خاضعة لختمية شبيهة بالختمية السائدة في الميكانيك العقلاني . ولا يمكنه أن يتصور ختمية بيولوجية ذات غطاء احصائي ، أعطى الكشف عنها بصورة تدريجية ، بخلاف القرن الـ 19 ، لافكاره معنى غير متوقع أساساً . لقد كان بيشات نيوتونياً في أسلوبه وفي حذره .

ويبدو أن كورنو Cournot قد سبق وأدرك أصالة الفيزيولوجيا الحيوية : « تقوم الحركة الحيوية بالضبط على إبراز المشابهات القائمة رغم التنوع العجيب في كل مظاهر الحياة ، واتخاذ هذه المشابهات كخط مرشد ، دون طموح الى الوصول الى جوهر الحياة » (تأملات حول مسيرة الأفكار والأحداث في الأزمنة الحديثة ، طبعة بولافين Boivin ، مجلد 2 ص 136) .

هذا التنوع العجيب في مظاهر الحياة ، بحث الفيزيولوجيون من القرن الثامن عشر عنه في كل الأشكال الحيوانية التي اخترعتها الحياة ، من البولب الى الانسان ، من الضفدع الى الاوران - أوتان ، هذا الشكل العجيب الوسيط (وكانوا يسمونه في القرن الثامن عشر رجل الغابات) وقد درسه كامبر Camper ويلومن باخ Blumenbach ، من حيث اللغة والذكاء والعلاقة مع الانسان . وإذا كان يفهم بكلمة كلاسيكية عقلية التصنيف الدقيق الممزوجة بعقلية التعميم الرياضي ، فإن فيزيولوجيا القرن الثامن عشر ليست كلاسيكية . إذ جعلت مادة تجريب من كل حي ، وقد اهتمت بالأشكال الوسيطة كما قال ليبنيز Leibniz ، وإن هي عممت ، فوفقاً لأهلوب الحياة بالضبط ، وذلك بتوزيع التنوعات التي لا نهاية لها على بعض الطروحات . إنها فيزيولوجيا ساذجة ، فضولية تتطلع الى شتات التفصيلات وإلى تشابك طرق الطبيعة .

بين القيمة العلمانية للأنظمة الطبية في بداية القرن ١٩ هذه الأنظمة التي ورثت من العقائد السابقة ، وبين الاضطراب الفوار في البحوث التجريبية في القرن التاسع عشر ، مثلت فيزيولوجيا القرن الثامن عشر هذه الحقبة في جنة الدراسة التي انفجرت فيها أفكار قديمة عند تماسها مع التجربة ، وحيث سُمح للجرأة أن تأخذ مداها وحيث فاز الإلهام على الاستثمار المهادي للعادات ، وذلك بانتظار تقنيات جديدة ، مبتكرة في أغلب الأحيان بدون سبق تصور وتصميم تتيج (أي التقنيات الجديدة) بواسطة تلاقي النتائج ، تمييز أي من هذه الاهتمامات كان عفويّاً وأياً كان مستنداً الى مسائل .

كانت هذه الفيزيولوجيا الحية كما هي الحياة - حيث اتخذ رجالاً مثل سبالانزاتي وسيغن ، أنفسهم كموضوع لتجاربهم ، على نفس الاساس الاستقصائي الذي اتخذ ويت وريومور وهال حول الضفدع وحول السقاولة [الصقر] والحصان - هذه الفيزيولوجيا كانت بالمعنى الأكثر جدية والاكثر غنى ، فيزيولوجيا مزيجية عجيبة .

الفصل الثالث : الطب

في القرن الثامن عشر وجه الفلاسفة الأفكار اتجاهاً جديداً ، مختلفاً تماماً عن الاتجاه الذي طبع بطابعه « الاصلاح الديني » ، و« نقيض الاصلاح » .

وعلى الصعيد الطبي ساهم الفلاسفة ، وهم من أنصار المادية ، في تقدم البحوث التجريبية الخالصة ، ولكنهم أشاروا أيضاً ردات فعل عنيفة من قبل أولئك الذين لم يريدوا أن يشبهوا جسم الانسان بألة بسيطة خاضعة لقوانين الطبيعة . كما أن العقائد والانظمة الطبية التي ازدهرت يومئذ ، دعمت وجهات نظر متناقضة تماماً . إن الطب لن يكون إلا هذا في مطلق الأحوال ، وقد سجلت الدراسات المعقدة تقدماً ملحوظاً على القرون السابقة ، وكانت هذه الدراسات متممة في بعض الاحيان بأصالة حقة .

I - ما قدمه التشريح

التشريح الماكروسكوبي (النوعي) - بلغ التشريح الذي لعب دوراً كبيراً جداً في عصر النهضة ، رشده الآن . فقد أكمل القرن السابع عشر أعمال المشرحين الكبار في عصر النهضة ، حتى أن المعارف في مجال التشريح الكبير بدت عميقة وواسعة جداً . والعلماء التشريحيون رغم كثرتهم ، رتبوا ونظموا وعرضوا في أضواء أكثر منطقاً وأيسر بياناً ، ما سبق ووصف من قبل ، وذلك في كل المجالات ، سواء فيما يتعلق بعلم التصنيف أو بعلم العظام أو بعلم الأعصاب ، أو بعلم السيتنسمولوجيا أو في النظام العصبي أو في علم الاوعية الدموية واللمفاوية أو في اعضاء الحس أو في اعضاء التناسل ، أو في علم الاحشاء .

ونذكر من بين الكثيرين الألماني ب. س. الينوس B.S. Albinus والانكليزي و. شيلدن W. Cheselden للعظام ، الإيطالي ج. د. ستوريني للمضلات ، الألماني أ. س. تيسبيوس A.C. Thebesuis من أجل دراساته حول الدورة التاجية ، والإيطالي الأب مسكاني P. Mascagni من أجل اللمفاويات ، والفرنسي ج. سيناك J. Sénac للقلب وأ. فرين A. Ferrein للكبد والكليتين ، والألماني ج. ن. ليركون J.N. Lieberkuhn الذي وضع دور الزغيبات المعوية ، والفرنسي تيوفيل بورديو Théophile de Bordeu من أجل الغدد ونسيج اللتحممة وماري فرانسوا زافيه بيشات Fran-

— cois-Xavier Marie من أجل الغشاء البطني (الشمبر) والثانة ، والفرنسي فليكس فيك ازير — Felix Vicq d'Azyr للدماع ، والاطالي آ. بكيني A. Pacchioni للإغشية الدماغية وكذلك الألماني ك. آ. برغن K.A. Bergen من أجل الغشاء العنكبوتي (في الدماغ) ، والاطالي آ. سكاربا A. Scarpa للأعصاب ، والألماني هـ. آ. ريسبرغ H.A. wrisberg ، للظلم العصبي البطني ، والألماني ج. زن J. G. Zinn ، والفرنسي ب. ديمور P. Demours ، والعينين ، والاطالي آ. م. فالسيفا A.M. Valsalva الذي عمل عملاً ملحوظاً في مجال السمع ، والإنكليزي آ. مونرو A. Monro الابن من أجل القناة المثوية الخ .

يضاف الى هذا الحصاد الغني من المشرحين المشهورين الذين قدمهم القرن الثامن عشر ، أولئك الذين عرضوا مباحث التشريح في جوٍّ مميّز في أغلب الأحيان ، باذلين الجهود بصورة خاصة ، من اجل تقديم المساعدة الى الجراحين ، وذلك بتحرير أعمال تشريحية توبوغرافية ، خطة خطة ، كما ظهرت تدريجياً تحت مضغ الجراح . نكتفي هنا بذكر اسماء المؤلفين المشهورين أمثال الفرنسيين : ب. ج. ديسوت P.J. Desault ، ر. ب. سباتيه R.B. Sabatier ، ج. ل. بتي وج. ر. نينون J.R. Tenon et J.L. Petit ، والإنكليز : و. شيسلدن W. Cheselden ، آ. مونرو الابن A. Monro وجون هنتر John Hunter الذي كان تأثيره ضخماً في بلده ، والألماني ج. ي. هينستريت J.E. Hebenstreit ول. هيستر L. Heister ، والفلمنكي ج. ب. بالفين J. Palfyn والسويسري آ. فون هالر A. Von Haller ، والدنماركي الباريسي ج. ب. ونسلو J.B. Winslow الخ هذا التعداد البسيط يدل على أن التشريح في القرن الثامن عشر كان من صنع الفرنسيين والألمان والاطليان مجتمعين .

التشريح الميكروسكوبي (المجهرى) - عرف التشريح الميكروسكوبي الذي استيقظ في القرن الماضي ، وقت جود . وأكثر ما يمكن أن نذكر ؛ نورد أن بورديو وصف النسيج المخاطي ، الذي عرف بصورة أفضل فيما بعد باسم النسيج اللينيني أو الضمام ، وببشاش وصف الأغشية .

نذكر على كل حال استعمال كلمة « نسيج » التي انتشرت سريعاً ، إلا أنها لم تتخذ المعنى النسيجي الا في القرن اللاحق .

إن المتناهيات الصغر كانت مدار بحث رغم صعوبة القول بأن الذين درسوها قد اظهروا سبق إدراك وتحسراً . في سنة 1700 اظهر الفرنسي ن. اندري Mandry أن كل الامراض سببها بويضات منتشرة ومبشوة في الفضاء وتدخل الى الجسم عن طريق الجلد والرتين أو الجهاز الهضمي ، فتولد فيما بعد الدود . وقد تسببت له هذه الاعمال بلقب « رجل الدود » . وفي سنة 1722 عزاج . ب. غوافون J.B. Goiffon الطاعون الى حشرات لا ترى ، تعيش في الدم ، ولكنه لم يقدم اي دليل حسي على أقواله ، وكذلك لم يقدم آ. ديديه A. Deidier الدليل الحسي على مقتله حول الدود الزهري . وقد وضع م. آ. بلنسي M.A. Plenciz نظرية مهمة حول الجراثيم المرضية الذاتية . ورغم وضوح هذه النظرية إلا أنها لم تستند الى اي دليل ميكروسكوبي .

التشريع المرضي - يعتبر التشريع المرضي الماكروسكوبي احد مقدمات القرن الثامن عشر الاصلية ، رغم أن بعض المؤلفين قد حاولوا تنفيذه في السابق . ويبدو أن كل الناس قد فهمت فائدة هذا العلم الجديد . ولكن كان لا بد من انتظار هذه الحقبة حتى يتم وضع عمل تأليفي تركيبى . لقد خدسص الايطالي ج . ب . مورغاني G.B.Morgagni (1771-1682) حياته لهذه المسألة المهمة حيث قدم تجربته الطويلة وعلمه الواسع . وقد غطى تأليفه الضخم الذي فرض نفسه حلالاً على كل معاصره في الواقع كل علم التشريع المرضي .

ولكن عمل مورغاني مهما كان كاملاً ، لم يكن يكفي بذاته كي يعطيه هذه الشهرة العالمية ، لو أنه اكتفى بوصف الأمراض التي رصدها وراقبها .

وكان فضله الكبير أنه لم ينس العيادة ، وإنه وضع لكل حالة كل العلاقات المرجوة بين المؤشرات الملحوظة على الحي ، والاعطاب الملحوظة على الجثة . وأصبح بالتالي كتابه دليلاً ثميناً بيد العياديين عند وضع التشخيص .

وفي فرنسا جرب ج . ليتود J.Lieutaud وضع كتاب مماثل ، إنما على خجل ، في حين أن فيك دازير Vicq d'Azir كتب مقالة جيدة حول هذا العلم في الانسيكلوبيديا . ورغم أن يشات لم يكن متخصصاً فإنه أسس عيادته على التشريع المرضي ، وقرر نهائياً ضرورة البحث في الجثة عن أسباب الموت .

نذكر أيضاً في ألمانيا ش . ف . لودويغ C.F.Ludwig ، وفي انكلترا م ، بايي M.Baillie . هؤلاء المؤلفون سوف يعملون على جعل الفحص الجسدي متركزاً على أسس موثوقة . ثم أنه نجب الإشارة الى أنهم قد سوقوا ، في مطلع القرن من قبل ر ، فيسنس R.Vieussens الذي وصف بشكل ممتاز القصور الأورطي .

II - الأنظمة الطبية

في بداية القرن 18 كان هناك نظامان طبيان يتزاحمان على كسب رضى عدد كبير من العلماء : الطب الكيميائي والطب الميكانيكي . وكانت المنازعات حادة بين أنصار كل من النظريتين⁽¹⁾ . وعلى كل حال كان الطب الميكانيكي يسهل من وقت إلى آخر بالكيمياء حتى أن بعض المفكرين غير القطعيين ظنوا بأن الطب يكسب إن هو استعان بالنظريتين . من هنا نشأ نظامان آخران عرفا نجاحاً كبيراً بفضل واضعهما هو الهولندي هرمن بورهافه (1738-1668) والألماني فردريك هوفمان (1742-1660) وبصورة تدريجية احتلت الكلمات مثل التصليبية (Solidisme) والاختلاطية والاحيائية محل الاسماء القديمة ، أسماء النظريات الطبية ، والجوامد والنوائل ، أو النفس ، وكلها كانت في أساس الأنظمة الجديدة .

(1) نذكر أن ما قلعه القرن 18 في مجال الفيزيولوجيا البشرية والحيوية قد درس في الفصل السابق .

نظام بورهاف Boerhaave - كان بورهاف يرى ان الجسم البشري مكون من جوامد تسبح في سوائل او رطوبات . والعنصران تحركهما حركات تدل على الحياة ، فإذا توقفت الحركات كان الموت . ولم ينكر بورهاف وجود النفس ، ولكنه اعتبرها بحكم عدم ماديتها ، بمنأى ويعزل عن كل قياس وإنها يجب أن توضع فوق الحياة . وقد لاحظ الحركات ، ولكنه ظل متقيداً بالصعيد الموضوعي ، فلم يحاول أن يعرف عن روح سببها . وهناك 3 عوامل أخرى تشترك في الآلة البورهاافية ، هي : الكيمياء والحرارة والأرواح الحية . وظل المضم ظاهراً ميكانيكية ، ولكن الافرازات المضمية يجب أن تختلط بالطعام حتى يمكن امتصاصه بشكل عصارة . والحرارة الحيوانية تؤمن طبع هذه الاطعمة التي عندما تصل الى الدم ، تصاب بالتباطؤ . في مستوى الدماغ ، حيث تصنع منها الأرواح الحية .

وهذه الاخيرة (الأرواح الحيوية) ، بواسطة الاعصاب ، تؤمن تخلف الحركات التي تحمي الجسم .

وبذات الوقت المعادي ، تكون الجوامد بحالة توازن بفضل سببين : الاول خارجي : الهواء ، والثاني داخلي : وهو الاخلاط أو الرطوبات . فإذا تغيرت هذه الاسباب ، يحصل انتقال من حالة الصحة الى حالة المرض . هذا الدور الممنوح للجوامد يبرر اسم الجمودية المطلق على هذا المذهب .

ويرى بورهاف أن الهواء يمكن أن يتغير في خصائصه الفيزيائية : حرارة ، رطوبة ، ضغط ، وتوجد اذن أمراض ذات هواء حار وذات هواء بارد وذات هواء رطب وذات هواء جاف ، وذات هواء ثقيل وذات هواء خفيف وهي مفاهيم تذكر بالأفكار الغالية .

والاخلاط قد تضطرب بفعل ميكانيكي أو كيميائي فحسب ما اذا كان هناك تأخير أو تسريع في دورتها ، سيولة أو لزوجة في تركيبها . وأخيراً يمكن للكتلة الاخلاطية أن تزداد أو تتدن دون أن يتغير تركيبها ، ويمكن أن ينظر في درجة حموتها أو قلويتها وهي تتغير . وقد يوجد أيضاً حالة تمجد .

أما الأرواح الحيوية ، التي يصعب السيطرة عليها ، فيرى بورهاف أنها قد تتخرب بالافراط او بالتفريط ، الامر الذي ينعكس على الالياف التي هي نهاية مطافها . وقد يحدث أحياناً عند دراسة الظواهر الرئيسية للمحولة في حالة المرض : انسداد ، التهاب ، أو حمى . وتشكل هذه الاخيرة بالنسبة اليه عملية إنعكاسية ارتدادية ضد الموت ، وليست مرضاً . ويميز بورهاف بين الامراض الحادة العارضة والامراض المستعمية . وهذه الاخيرة قد تأتي فجأة أو تشتت من الأولى . وهكذا يستلهم هذا النظام بأن واحد النظامين اللذين سبقاه ، كما يستلهم المتنوعات التي ادخلها سلف بورهاف في ليد ، اي سلفيوس Sylvius الذي أعطى للهضم دوراً أكبر بكثير .

والغرض من المعالجة هو محاربة الاسباب المتنوعة ، بعلاجات أو مسهلات أو مسكنات أو بمقويات ، مع الالتزام بالقواعد الصحية . وكان لهذه النظرية العديد من الانتصار في البلدان المنخفضة وفي النمسا والمانيا .

أسلوب هوفمن أو نظامه : يرى هوفمن في نظامه أيضاً أن الجسم البشري هو آلة وإن الحركة هي التعبير عن الحياة . فضلاً عن ذلك ، أنه يستبعد الروح عن عمد ، دون أن ينكر وجودها . ونظامه يستلهم فلسفة لينينز .

وآلة هوفمن مائية في أساسها : فالحركة الدورانية ، في الاخلاط هي قوام هذا النظام . ويفهم هوفمن بالاخلاط ، الدم واللنف والعصارة العصبية . والسبب الرئيسي في حركتها هي الاطعمة ، وأما الهواء فغريب عن هذه الفيزيولوجيا . وتذهب الاطعمة المتمثلة الى الدماغ بواسطة الدم . ويفرز الدماغ السائل العصبي الذي يغذي الحركة وبالتالي نبضات القلب ، وكذلك يغذي حركات الام الجافية (اي الغشاء المغلف للدماغ والحبل الشوكي) (ويتبع هوفمان هنا النظريات الايطالية التي

كانت سائدة في القرن الـ 17) . وتحكم هذه الحركات بدورها في الافرازات ، والمستخرجات ، والتمتع المعوي ، أي ، خارج السحايا ، في الوظائف الحياتية الإنبائية . وهذا الاستنتاج مكثه من القول بأن المادة يمكن أن تكون مزودة بقوة داخلية ذاتية ، وهو أمر في اساس نظريات هالر Haller .

وفي مجال النظام (الباثولوجيا) طور هوفمن نظامه الى اقصى حد تفصيلي مما جعله كثير التعقيد ، فالامراض ذات منشأ خارجي تأتي عموماً عن طريق الجهاز الهضمي ، الذي هو مجرد مر وليس مركزاً للعرض ، كما عند هلمونت Helmont وملفيوس Sylvius . وعلى كل حال يفرق هوفمن بين مراحل النقل الهضمي ، ويسند امراضاً مختلفة إلى كل مرحلة . والاخلاط المضطربة بفعل دخيل خارجي غير طبيعي تعمل بدورها على احداث الاضطراب في الارواح اللطيفة ، الأمر الذي يجر بصورة ثانوية الى اضطرابات في التيار الدوراني وفي الافرازات ، الخ . ويعمل هوفمن أيضاً الحبل الشوكي الذي هو المفصل للاعصاب الاطرافية ، ويرى أن الاضطرابات المحدثة في الجسم بفعل مؤذ لا تحدث الا إذا أصيب الحبل الشوكي . ويرى هوفمن أن بعض الامراض يسببها الهواء الفاسد عن طريق التعفنت ، وهو هواء يحمل وينقل ولا يعمل ذاتياً بفعل الخصائص الفيزيائية كما عند بورهاف .

وتلعب السموم والكحول والمناخ والنجوم دوراً أيضاً ، ولكنها لا تمارس دورها الضار على الجسم إلا بعد إصابة الحبل الشوكي . هذا المفهوم يولد الاختلاج أو يولد الوهن . والاختلاجات تؤدي وتؤلم إن أصابت منطقة حساسة . وهذه المفاهيم سوف نتوجد عند كولن Cullen إنما بواسطة طريق آخر ان الاختلاجات هي ميزة الأمراض الحادة والوهن فهو من شأن الأمراض المستعصية . والحميات هي أمراض متميزة ترتبط بمختلف مراتب الجهاز الهضمي .

والمعالجة تكون مزدوجة لانه اذا كان هوفمان قد بقي واثقاً من الطبيعة ، فإنه يفضل على كل حال مساعدتها منذ البداية : وإذا لا توجد مرحلة تربص . وهو يحسب حساباً لكل العوامل الاقراطية التي من شأنها خلق أرض خاصة : عمر ، جنس ، مزاج ! مناخ فصل ، نوع حيلة .

والعلاجات أربعة أنماط : مهددة ومقوية ، مخرجة أو مسهلة وفناكة . ويستعمل هوفمان ، زيادة على شربه المسكن الشهير ، علاجات تحريية ثابتة : الكافور ، الكينا ، الحديد ، النشرون ، باستثناء الأفيون . وقد أمر أيضاً بالحمامات الباردة أو الحارة . ولهذا فإن علاجه يستقي إلى حد بعيد من المخزن الكيميائي . وكان تلامذة هوفمان عديدين في ألمانيا وناشرين في إنكلترا وإيطاليا .

الاثارة والعقائد التي تثبت عنها - ونشأت نظريات طبية أخرى في تلك الحقبة أيضاً ، استمد بعضها ، وهو أكثر أصالة ، منشاء من نظرية الاثارة التي وضعها فرنسيس غليسون Francis Glisson ، ثم ابرز قيمتها البرفون هالر Albert Von Haller (1777-1708) ⁽¹⁾ .

ويرى غليسون أن « الألياف » هي العنصر المكون الاساسي في كل جهاز حي .

وقدرة الألياف على التحرك بتأثير من عامل خارجي يبقى بعض الوقت ، بعد الموت ، وليس إذا هو مظهر من مظاهر النفس . فضلاً عن ذلك اصر غليسون على البقاء في صعيد التجربة ، فعزا إلى الألياف الإثارة وزعم أن هذه الخاصية يمكن أن تميز بها الكائنات الحية ، لأن الحياة تتميز بمجموع هذه الاثارات المحلية .

وعاد هالر إلى أفكار غليسون فطورها بشكل ضخم وطبعها بطابع عقيرته إلى درجة أن أعماله حلت بسرعة محل أعمال سلفه . وبين هالر عن طريق التجربة أن الاعصاب ليست إلا موصلات . وخاصة الاحساس التي عزاها إليها ليست إلا ثانوية . أما التقبضية فهي عضلية بشكل خاص . ويقاؤها بعد الموت يدل على أنها ليست من مظاهر الحياة . وحدد هالر ، وهو يتفحص مختلف أنسجة الجسم ، درجات الإثارة أو الاحساس بالنسبة إلى كل منها . وهناك أجزاء يكفي لاثارتها تحرك الاخلاط الدائرة (الحياة الإنبائية) ؛ وهناك بالعكس أنسجة تحتاج إلى عامل مطلق معين حتى تثار (الحياة والعلاقات) .

ومن بين العديد من تلامذة هالر ، حرص البعض على توضيح العديد من مظاهر نظريته ، في حين ناهض بعضهم بعضاً من استنتاجاته . وطبق الألماني هـ . د . غوب H.D.Gaub ، 1705-1780 نظريات هالر في البتولوجيا العامة ؛ ومحاولة هذه ، التي بدت خجولة ، اتخذت مثلاً . واعتمد غوب وجهات نظر هوفمن حول أهمية دور السوائل ، وطبق الاثارة على الاخلاطية ، فاعتبر أن الحركة الميكانيكية الخالصة مرتبطة بالاخلاط . أما الصحة فتعزى ، مثل ما هي في نظام هوفمن ، إلى توازن منسجم بين الجوامد والاخلاط ، أما المرض فيعزى إلى اختلال هذا التوازن ، الذي يؤدي إلى تغير في الاثارة ينمكس ، بواسطة الألياف على الإهزجة فيولد الافرازات والانسدادات والبثور . الخ .

وعزا بعض تلامذة هالر إلى الاعصاب دوراً أكثر أهمية فلم يعتبروا الاثارة إلا كمظهر ثانوي من

(1) وتاريخ هذه النظرية معروض من الزاوية الفيزيولوجية في الفصل السابق .

مظاهر القوة العصبية . وهذه النظرية فتحت أمام البتولوجيا آفاقاً جديدة . وحاول الانكليزي ولیم كولن William Cullen 1710-1790 ان يرجع الى مصادر الحياة وأن يسند الى النظام العصبي المكانة السامية في البتولوجيا . ففي حين ظن هو فمّن أن الامراض لها منشأ هضمي ، وإن المراكز العصبية لا تصاب إلا بصورة ثانوية عن طريق الاختلاط، فإن كولن أعمل مباشرة الإثارة على الاعصاب . إن العامل المرضي يؤثر في الجهاز العصبي الذي يتفاعل فيغير انفعالاته الخاصة . وهكذا تكون الالياف عندئذ إما موضوع تقلصات شديدة ، توتر ، أو موضوع ارتخاء ووهن ، عنهما ينتج المرض . والحمى ليست مرضاً بل هي ردة فعل من الجسم ضد الامراض . والامراض تنقسم إلى 4 فئات : حمى مرتفعة، وهن وخور ، ونحول ، وإصابات جراحية واتخذت نظريات كولن والمدارس المختلفة التي انبثقت عنها اسم البتولوجيا العصبية أو العصائية .

أما الاستطباب فهو بشكل خاص ديناميكي ، والمرض السائد هو الوهن . وكان كولن يفضل بشكل ملحوظ الكينا ، وكان يكره الموهنات أو المضغفات مثل الشرابات أو المسهلات . أما الالتهاب ، وهو المظهر المرضي للحمى فكان يعالج بمضادات الحرارة أو مضادات الالتهابات . وعلى كل حال نسي كولن ، مثل بورهاف ، في أغلب الاحيان نظرياته أمام المريض ولذا لم يتورع عن استعمال الادوية الذاتية أو الكيميائية المعروفة الفعالية .

وكان جون براون John Brown (1735-1788) تلميذاً على التوازي وخصباً لكولن Cullen ووقف بشكل خاص على صعيد الحياة الإنبائية ، فرأى في الاثار التي تحرك الجسم التعبير الخاص عن الحياة، واعتبر أن عدداً من الاثار أو المحفزات ضرورية لتنشيطها . فالامراض تنبثق إما عن كثرة المحفزات (وهي الامراض الحادة) وإما ، في أغلب الاحيان عن نقص المحفزات (الامراض غير الحادة) . والحميات اهي إذاً امراض وتنقسم الى امراض ذات سخونة مرتفعة (حادة) ، وإلى امراض غير حادة (الحميات بالمعنى الصحيح) .

وكذلك على الصعيد الموضوعي هناك امراض بلغمية (ذات حمى). وهناك التهابات غير مقرونة بالحمى تسمى الاوهان . وهذا النظام اخذ اسم «البراونية» .. والاستطباب سهل بواسطته : فالعلاجات تكون خفيفة للحرارة (الفصد ، الشرابات ، المقيثات ، الخ) ، أو تكون في أغلب الاحيان مقويات مهيجات (حر ، كحول ، كهرياء ، الخ) .

وتطبيق نظريات هالر في البتولوجيا ، استمر بنوع من التفاعل التسلسلي . ففي الدرجة الأولى قام الايطالي جيوفاني راسوري Giovanni Rasori (1766-1837) ، وكان تلميذاً لبراون ، بمخاضه خصاماً رهيباً ، فاستنتج من نفس التجارب استنتاجات معاكسة ، من ذلك مثلاً أنه وصف حالة استعداد حاد للمرض كان براون قد وصفها بأنها حالة مرضية كاملة . ومن اجل التثبت من حالة الاستعداد هذه التي كانت سبب المرض . كان راسوري Rasori يجري فصداً . فاذا تحسنت حالة المريض فالحالة هي حالة استعداد إثاري ، وفي الحالة المعاكسة هناك استعداد مضاد للإثارة . ونتج

عن هذا النظام الجديد استعطب بنحس قوانين طبابة براون Brown .

ولم تكن النتائج التي حصل عليها أنصار هذه الانظمة رائعة ، وانتشارها كان عارضاً . ولكنها ولدت نظريات أخرى امتدت الى القرن اللاحق . ففي حين دعم براون Brown وكولن Cullen ، المفهوم الأبقراطي للأمراض العامة قبل الايطالي جياكومو توماسيني Giacomo Tommasini ، دون أن يرفض هذا المبدأ ، بوجود أمراض موضعية أيضاً ، تستخدم كحلقة ضرورية بين الانظمة السابقة ونظرية جديدة لا تقبل الا بالامراض الموضعية هي : البروسيسية . وهذه النظرية ، المعقدة نوعاً ما ، ظهر بها ف . ج . ف . بروسي F.J.V.Broussais (1838-1772) الذي استمر اثره الضار لمدة طويلة في باريس . فالعمل الطبي للجسد يتأمن بفضل حافظ خارجي : الحرارة الخارجية التي تؤثر في وظائف الانسجة عن طريق الخلاط ، ويولد تلف المحفز ، بصورة أوتوماتيكية ، حالة من المرض في نسيج معين .

ويأتي تعقيد هذا النظام من جراء ادخاله الجهاز الهضمي في حمل الأمراض ونقلها ، معلقاً ، بصورة خاصة أهمية كبرى على التهاب المعدة . ويدخل الاستطباب ، المعاكس لأبقراط ، دون أن يأخذ في الاعتبار الامكانيات التي تحدث عن ردات فعل الجسد . وكانوا يأمرون بالفصد الكثير ، واستخدام العلاق المصاص في الرأس والمعدة .

الاحيائية Animisme - ودون انكار وجود النفس ، كانت الانظمة السابقة لا تعطى أي دور في حياة الجسد ، كما كانت تحاول تشبيه القوانين البيولوجية بأواليات كيميائية أو ميكانيكية بسيطة . فكان من الطبيعي اذن ظهور تيار معاكس يعطي للنفس دوراً أولياً مهماً ، فكانت الاحيائية التي ابتدئها ج . ي . ستاهل G.E.Stahel (1734-1660) . يرى ستاهل ان لا شيء يحدث في الجسد بدون تدخل النفس ، سواء في الحركات الارادية أو غير الارادية . والظواهرات الميكانيكية أو الكيميائية ليست إلا مراحل ثانوية مدونة ضمن مجمل تحدده النفس ، وضمن غائية محددة تماماً تظهر في كل العمليات التي يكون الجسد مركزاً أو مقاماً لها .

وتعمل النفس في الجسد بثلاث وسائل رئيسية : الدورة الدموية وهي الوسيلة النبيلة ، ثم الافرازات ثم الاخراجات ، التي ليست مظاهرها الميكانيكية والكيميائية إلا ثانوية وموجهة . إلا أن ستاهل لا يوضح العمليات المختلفة التي بواسطتها تؤثر النفس على الجسد . وتظل فيزيولوجيته بدائية في حين يعمل عن قصد التشريح والكيمياء .

ويأتي المرض عن سوء عمل النفس التي يجب إفساح المجال أمامها لتعمل بمفردها على إعادة الصحة ، و« نفس » ستاهل تتماشى هنا مع « طبيعة » أبقراط . ويقتصر عمل الطبيب على مساعدة عودة العافية بصورة طبيعية ورأى ستاهل الذي اضطر الى اعتبار التزف الباسوري مفيداً ، إن الحمى ليست مرضاً بل ردة فعل النفس ضد المرض ، وقد اهتم كثيراً بالنبض .

أما الطبابة فتعطي مكاناً واسعاً أمام الاضطرابات الدورانية . وهناك أمراض استحيائية وأمراض

نزف . وأسبابها إما داخلية وأما خارجية، ولكن الاليف يمكن أن تكون مضطربة أيضاً؛ الامر الذي يولد الاختلاجات، والتغير في الحظيرة، الخ . ويعضد الاضطرابات نصيب بصورة خاصة الجهاز العصبي، فتجر وراءها الشلل والرجفة والانحطاط الخ . فضلاً عن ذلك يدخل هنا مفهوم الموضوع بواسطة الامزجة، كما هو عند أبقراط، كما يدخل أيضاً مفهوم الهواء والاطعمة والحماية الصحية، والاهواء الخ . والطبابة الواعية تساعد الطبيعة بدلاً من أن ترهقها بصورة منهجية بكثرة الادوية . وقبلها كان للطب مفهوم اسلم من هذا المفهوم للاشياء . فقد اتاح رؤية الظواهرات من زاوية أقل اطلاقاً وكان تلامذة ستاهل كثيرين في المانيا وانجلترا، إلا أنهم كانوا أندري في فرنسا حيث اتحد فرنسوا بواسيه دي سوفاج 1706-1767 Francois Boissier de Sauvage وكان في بادئ الامر ميكانيكي النزعة الطبية، فانضم الى هذه النظرية، كهمزة وصل بين هذه النظرية الالمانية ومدرسة مونبيليه التي ينتهي اليها .

الحياة Vitalisme - هناك ميل غالباً، إلى جمع الارواحية والحوية . والواقع أنها نظامان مختلفان، نقطة الاشتراك بينهما هو الاعتراف بوجود ظاهرات ميكانيكية وفيزيائية دون اعطائها الدور الأولي . ففي حين أن الإحيائية تجعل النفس مسؤولة عن كل ما يحدث في الجسم، ترد الحوية هذه القوة الى مبدأ حيوي قابل للهلاك يمكن وضعه في مركز وسط بين النفس والظواهرات الفيزيائية الكيميائية، ويعزى تاريخ الاحيائية قبل كل شيء الى مدرسة مونبيليه التي تخرج منها كل الاسماء العظيمة التي صنعت هذا النظام الذي أسسه تيوفيل دي بورديو Théophile de Bordeu (1722-1776) . يرى بورديو ان الغدد تلعب الدور الرئيسي في الجسم فكل واحدة منها مزودة بحياة خاصة وتقوم بوظيفة محددة تماماً . وتنتج الحياة عموماً عن امتزاج الحيوانات في كل الغدد . ويتم التنسيق بين الغدد، وهو تنسيق من شأنه تأمين الحالة الصحية للجسم، بفضل النسيج الخلوي الذي أحسن وصفه بورديو تحت اسم النسيج المخاطي .

واقترب بورديو من هالر وابتعد عن تفسيرات الأطباء الميكانيكيين، فعزاً عمل الغدد الى الاعصاب التي تخدمها والتي تعمل بفعل الاثارة أو التحفيز . وانفصل عن هالر معترفاً للغدد بخاصتين مميزتين : الاحساسية والحركية فيجعلها على نفس المستوى مع اعترافه بأن الحركية تقع تحت سيطرة الاحساسية، الى درجة أننا نطلق اسم احساسية على المبدأ الذي يتحكم بالحيوات الصغرى البوردوية (نسبة الى بورديو) . ويرى أن الحياة تعبر عن نفسها قبل كل شيء بالافراز الغدي رغم اعترافه بالدور السامي لثلاثة أعضاء : هي المعدة والدماغ والقلب .

ولما كانت الحياة مرهونة بهذه الاحساسية، فالحضوع للتبولوجيا ينبع على ما يبدو، من الاختلال في هذه الاحساسية . ولكن بورديو لا يشرح هذا الخضوع، مكتفياً بالمبدأ العام مبدأ تدخل الاحساسية لاعادة النظام، مما يقربه من أبقراط Hippocrate ومن ستاهل . ان الاسباب المرضية هي خارجية أو داخلية، ويلعب الالتهاب دوراً مهماً في هذه الحالة الاخيرة .

وقلب هنري فوكيه Henri Fouquet (1727-1806)، تلميذ بورديو نظام هالر وعزا أهمية

خاصة الى الاحساسية ، ضد التقلصية . وبين هاتين الخاصتين يضع مزدوجاً من القوى ، وهي فكرة سوف يأخذها خلفاؤه من بعده ، ولإعادة الحالة الصحية المخربة فهو يطمئن الى الالياف الحية المزودة بهذا المزدوج من القوى . ويعتبر بول جوزيف بارتز Paul-Joseph Barthez (1734-1806) رمزاً للحياة المونيلية (نسبة الى مونيليه) رغم أنه لا يعتبر مؤسسها بل ان عبقرية القوة جعلت من هذه النظرية الفيزيولوجية نظاماً متكاملأ . ويقبل بارتز بمزدوج القوى الذي قال به فوكيه والمتكون من الاحساسية والحركية ، وهما خاصتان يضعهما تحت سيطرة قوة عليا .

ولا يفتني الاسم الذي أطلقه عليها « المبدأ الحيوي » اية غاية مسبقه . وهذا التعبير كان قد استعمل من قبل في مونيليه من قبل آ. فيز A. Fizes الذي لم يكن حيوي المبدأ . ولا ينكر بارتز Barthez حاله في ذلك حال بوردو ، لا وجود ردات الفعل الفيزيائية الكيميائية ولا وجود النفس ، ولكنه يضع الحياة عند مستوى وسط بين الوجودين . وبالمقابل ، إنه يرفض الحيات الصغرى التي قال بها بوردو . فهو يرى أن المبدأ الحيوي وحيد ولا توجد أية تسلسلية يجب اجتيازها . وهكذا تفوته الحياة الإنسانية غير الواعية والتي يجعلها الاحيائيون تحت سيطرة النفس . إن المبدأ الحيوي يسيطر على الحياة الحيوانية كما تتحكم النفس بحياة العلاقات ، وبصورة خاصة بالحركات الإرادية .

وطبق بارتز نظامه على البتولوجيا ، فاعتقد أن المرض يرد الى اختلال في توازن القوى بين الاحساسية والحركية . وهذه القوى تتعلق بالمبدأ الحيوي . وعمل هذا الأخير أن يعيد اليها التوازن ، وهذا هو مفهوم شبيه بمفهوم الطبيعة عند أبقراط وإيجائية ستاهل . ولم يكتف بارتز بالأفكار العمومية فقام بتحليل حتى لمجمل الدلالات الملحوظة لكي يستكشف فيها المبادئ الأولية ، أو العناصر المرضية والتي تجب معالجتها . إن فن الطبيب يكمن في مهارته في فصل العناصر الأولية عن العناصر الثانوية . ويتم المعالجة ضمن هذا الترتيب ، ولكن العناصر الثانوية تزول في أغلب الأحيان ، بصورة عفوية بعد معالجة العناصر الأخرى . ورفض بارتز التحيز لاي نظام وارفضى ، وقبل كل العلاجات شرط أن تكون فعالة . وفي هذا فكر جديد . لقد صنف هذه الادوية ضمن 3 مجموعات : علاجات اضطرابية عنيفة تشكل معالجة صدمة ، علاجات مُقلدة قريبة من علاج الداء بالداء (هوميوپاثي) ثم علاجات خصوصية .

هذه الاستطابية لن تطبق إلا إذا كان المبدأ الحيوي بحاجة الى المساعدة . وأصالة عمل بارتز تكمن في أنه يحل محل الامزجة المعقدة رموزاً وإشارات بسيطة وواضحة . وإن هذه الأصالة تتخلل عن نظرات الفكر فتطبق استطاباً سليماً ومنطقياً قريباً ومباشراً بالصور الحديثة .

ومن بين تلامذته نذكر : ح . ش . م . دي غريمود J.Ch.M. de Grimaud (1750-1789) وش . ل . دوماس Ch-L.Dumas (1765-1813) اللذين ضاعفا وكثرا القوتين البارتيين . وامتدت مدرسة مونيليه الاحيائية حتى القرن التاسع عشر ، مع ف . بيرار F.Bérard ، وبشكل خاص مع ج. لورد J. Lordat الذي اعتمد وجهة نظر أكثر ستاتية . وهناك آخرون من مونيليه عرفوا بالحياة في

باريس ، وبصورة خاصة فيليب بينيل Phillipe Pinel (1745-1826) ، اختصاصي في الأمراض العصبية

وطور تلميذه بيشات Bichat (1771-1802) النظرية . فقال بمزودج القوى الباريتزية وسماه احساسية وتقليصية ولكنه ميز بين الحياة الحيوانية والإنسانية والحياة الناشطة العلاقية ، فقبل بمزودج خاص من القوى لكل واحدة منها . وقد بحث ، كمشرح جيد عن أساس مادي ووطُن الحياة الإنشائية في النظام العصبي الودي وحياة العلاقات في « المركز العصبي » (النفر اكس) وبين الاثنين توجد علاقات لم يوضحها . تخصصت للتسقيق بينهما . وقد رفض بيشات ، مع التسقيج المخاطي الذي قال به بورود ، رفض فكرة الغدة ، وحل محلها مفهوم التسقيج ، وفي هذا تقدم غير منكور جعل منه السلف لعلم البيئة المعاصر . وكل نسيج مزود بقوة حيوية خاصة ذات علاقة بالوظائف المتووجة عليه .

وكان بيشات من أنصار علم التشريح البتولوجي ، بعد أن كان درس فيزيولوجية الانسجة في ضوءه الاحيائية ، ولاحظ التحلل الذي تتعرض له الانسجة عند المرض . ولكي يعيد توازن القوى داخل النسج المصاب استخدم استطباب بارترز . وإذا فيشات Bichat ، مهما قيل عنه ، هو حيوي حقيقي . وقد طبق أ . ريشيران A. Richerand 1840-1779 مبادئ مماثلة على علم الاستطباب الخارجي .

والحيوية نظام فرنسي أساسي ، وكان لها بعض الانصار في ألمانيا وإنكلترا . وميزتها الرئيسية أنها حاولت دمج وتركيب أفضل عناصر الانظمة السابقة وإنما كانت في مطلع القرن التاسع عشر ، أكبر خصم للمذهب بروسي .

علاج الداء بالداء (هوميوپاتي) - في أواخر القرن 18 وبداية القرن 19 ظهر نظام طبي جديد هو هوميوپاتي ، لذي وان لم يكن مرتكزاً على الفيزيولوجيا ، إلا أنه قد ساعد ، مثل بقية الانظمة على إقامة نظاسة جديدة . وواضع هذا المبدأ هو الألماني هانيمان Hahnemann (1755-1843) الذي عثر على اكتشافه الأول حين لاحظ أن الكينا اذا اخذت بمعايير قوية . تتسبب بأزمات ارتجافية من النمط البردائي ، تشبه تلك التي أعطيت من أجل الشفاء منها . وبعد أن جرب عدة مستحضرات ، على نفسه في أغلب الاحيان ، استنتج من ذلك القاعدة الصائبة المأخوذة عن الاقدمين « ودأوني بالتي كانت هي الداء » . وأضاف الى هذه القاعدة ، قاعدة التماثل ، قاعدة أخرى هي قاعدة اللاتناهي : كلما كان المستحضر ملوياً أكثر كلما كان مفعوله أكبر .

والهوميوپاتي لاقت صعوبة لكي تفرض نفسها في ألمانيا . حتى اضطر هانيمان Hahnemann الى المجيء في أواخر ايامه الى باريس حيث وجد ان نظرياته قد وجدت أنصاراً متحمسين نشروها في كل أرجاء العالم تقريباً . واليوم أيضاً تجد هذه النظرية متحمسين لها كما تجد معارضين اشداء ضدها .

ونذكر أيضاً « الايزوباتي » أو التشابه الطبي « التي اسسها الاميريكي ك . هيرن C.Hering

الذي أراد معالجة الامراض ، بمستحضرات من نفس هذه الامراض . ولكنها لم تعرف إلا نجاحاً ضئيلاً

III - تقدم الطب العملي

الطب الأبقراطي الجديد - إذا كانت الانظمة الطبية قد سيطرت حقاً على الطب في القرن الثامن عشر ، فإنها مع ذلك لا تمثل كل الطب . فقد كونت الأبقراطية الجديدة التي قام بها توماس سيد نهم Thomas Sydenham ، مدرسة ، وكان الأطباء كثيراً الذين التزموا أتم الالتزام بالظواهر الحيوية دون أن تكون لديهم فكرة الالتزام بنظام . ويتناقض دورهم المهم في صنع الطب المعاصر مع عقم عمل الشراح الآخرين لأبقراط . فقد جهدوا في استكمال أساليب الاستقصاء المتوفرة لديهم . وفي حين كان البعض ، لوقت قصير خلا ، يتكفون بالنظر الى البول ، وإن بعض الأطباء قد استمر يفحص بالمراسلة ، سعى الأبقراطيون الجدد الى الاتصال المباشر بالمرضى . ونشأ عن هذا الاتجاه الجديد في الطب علم السيمولوجيا الحديث والتعليم العيادي

علم دلالات الاعراض (السيمولوجيا) - عرفت السيمولوجيا مجدداً حقاً في القرن 18 . رغم أنها لم تكن ممثلة فيه الا بعنصرين : دراسة النبض ، وتفحص الصدر . ولكن في المسألة الاولى يبدو أن الأطباء قد قالوا كل ما يمكن أن يقال في عصرهم . وتكاثر الدراسات غير الجدية ، متبعين في هذا مثل الصينيين . فقد استعملت الساعة الرملية والساعة الرقاصة المائية من أجل عد النبضات ، قبل أن يخترع غاليليه « النباض » وقبل أن يخترع ستوريو Santorio أيضاً « نباضه » . وفي الحقبة التي نتم بها ، كان الاسباني ف . سولانو Fr.Solano من لوكس (1685-1736) هو أول من جذب الانتباه في الغرب الى أهمية النبض ، وخصص له دراسات علمية . وقد وضع ثلاثة أنماط من النبض : النبض المزدوج ، والنبض العارض Inciduous والنبض المتقطع . وقام آخرون يستكملون هذه الدراسة . وأراد بورديو أن يكون لكل عضو مريض نبضه الخاص ، وهذا ما كان يشكل وسيلة ممتازة للتشخيص . وقسم الانباض الى عالية منخفضة بحسب موقعها فوق الغشاء الحاجز أو تحت ، وهي مناطق حدد في كل منها سلسلة من الانباض الثانوية العضوية أو الوضعية . وقد تميز هذا التصرف المبالغ به بأنه لفت الانتباه ، في فرنسا الى الدراسة المنهجية لحركات النبض في الامراض . وقد اعتاد بورديو Fouquet الاساس أن يأخذ النبض في نهاية الكعبرة (الكوع) بأربع أصابع . وخصص تلميذه فوكيه أيضاً لأعماله ، مراقبات دامتة جداً ، وخطرت له الفكرة بأن يرسم خطياً الاحساسات المدركة مشبهاً إياها بحبات اللؤلؤ المتعددة والمتقاربة نوعاً ما .

واعتبر اكتشاف التلمس بالأصابع أو النقر من قبل النمساوي ليوبولد أونبروجر (1722-1809) وLeopold Auenbrugger ، ذا أهمية من الدرجة الاولى ، رغم أن هذا الأسلوب لم ينتشر حقاً إلا في بداية القرن التاسع عشر ، بفضل جان نيكولا كورفيسار Jean Nicolas Corvisart (1755-1821) .

وهذا الأسلوب كان للمعلم الضروري الذي سوف يمكن «لأنك» من القيام بخطوة جديدة الى الامام في الفحص الرئوي .

التعليم العيادي - لم يظهر التعليم العيادي إلا في تلك الحقبة مكرساً أخيراً إحدى نصائح الطب الأبقراطي . صحيح أن سلفيوس Sylvius قد افتتحه في القرن السابع عشر في ليد Leyde ، وإن بعض الأطباء الهولنديين والإيطاليين قد طبقوه ، إلا أن أحداً منهم لم يجعل منه مدرسة ، وكانت أمثلتهم بدون غد . وكان أول عيادي قد حفز حقاً هذا التعليم الجديد هو بورهاف Boerhaave الذي زاد قليلاً في شهرة مدرسة ليد Leyde حيث حرص كل على المنجيء لكي يستلهم مناهج المعلم . وقد كون العديد من التلامذة الذين ساروا بعمله في ليد ، أو اذاعوه في فينا ، بفضل الهولنديين ج . فان سويتن G. Van Swieten وآ . دي هان A. De Haen ، وبفضل الألماني م . ستول M. Stoll . وكانت هيئة في أغلب البلدان الأوروبية ، باستثناء فرنسا التي ظلت متأخرة إلى أن استطاع انشاء مدارس الصحة الثلاث « في السنة الثالثة » قهر تعنت الاداريين في المستشفيات . ومن بين المدن العديدة التي اشتهرت يومئذ نذكر غوتنجن Gottingen ، وارلنجن Erlangen ، وبافيا Pavia وقد احتوت مجموعة متألقة من الأساء الشهيرة من أمثال الألماني ج.ب. فرانك J.P. Frank ، والسويسري س. أ. تيسو S.A. Tissot .

وبعد ذلك لم يعد الطب كتيباً . وسرعان ما آتت الطرق الجديدة ثمارها مثل علم تصنيف الامراض سنداً للظواهر ، ومن غير أية فكرة تنظيمية أو مذهبية . وهذا التصور للبياتولوجيا « علم الامراض » سوف يستمر طويلاً بعد القرن الـ 18 ، حتى تم الحصول على معارف أكثر دقة عن مختلف العوامل المرضية .

وكان أول مصنف هو بواسي دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي قسم الامراض الى عشر مراتب ، و44 سلكاً و315 نوعاً ، دون ذكر التفرعات ، ويستحق اسم ليني Linné وينيل Pinei وریشان Richerand الذكر أيضاً .

الباتولوجيا وعلم الاوبئة - من بين الامراض العديدة التي درست نذكر الالتهاب الفرغيفي (خاصة في انكلترا) وداء النقطة ، والتهاب الصدر ، والمفص من أي نوع ، وفقر الدم ، وانتفاخ الغدة ، والامراض الزهرية ، وامراض النساء والحصاف (برص ايطالي) وغيرها الكثير من امراض الجلد ، واقرن كل منها باسماء عدة مؤلفين ويحق . واعطي اهتمام أكبر بالامراض المستعصية . وإذا كانت المعارف حول الحميات قد بقيت جاملة ، فإن المعالجة بالكينا قد تحسنت .

يضاف الى هذا الجدول المختصر جداً علم الاوبئة الذي احتل مركزاً مهماً في هذه الدراسات . وظل الطاعون بمحصده حصداً رهيباً ، خاصة في مرسيليا سنة 1720 دون إمكانية اكتشاف سببه رغم الملاحظات المقتنة لانطوان ديديه Antoine Deidier . ودرست الماريا وحوريت بفعالية في ايطاليا من قبل ج . م . لانسيزي G.M. Lancisi (1720-1654) . أما الدفتيريا التي كانت تحصد الناس في

انكلترا وفي كل مكان من أوروبا، والتيفوس والتيفويد والكَلْب والكريب المشهور بالانفلونزة، والسعال الديكي وقد درست كلها أيضاً. وهناك وباء جديد تعددت ضحيته هو الهواء الاصفر الذي ظهر في اسبانيا أولاً ثم خارجها تالياً. ولكن الجدري هو الذي خضع للدراسات عدة، أعطت نتائج مشهودة.

اللقاح والفاكسين أو التلقيح بجدري البقر - عرف القرن الـ 18 مرحلتين متتاليتين اشتهرتا بمحاربة مرض الجدري الذي كان يحصد الناس حصداً في كل مكان من العالم تقريباً، وقد اكتشف الصينيون وسيلة للوقاية منه وذلك بذر قشرة مأخوذة عن المجتر في الأنف. وقد اخذت بلدان أخرى اسبوية بوسائل مماثلة. ولكن هذه الطرق نفذت بصورة جيدة في كل من تركيا واليونان بوخر الجلد في ثلاثة مواضع مختلفة بارة، ويوضع عند هذا المستوى قليل من القيح الجدري. ونشرت الليدي مونتاجو Lady Montagu، زوجة السفير الانكليزي لدى السلطان، الاسلوب في بريطانيا، مع الدعوة الى ذلك ووافقت على تلقيح ولدها منذ سنة 1717، وانتشرت الطريقة يومئذ بسرعة في انكلترا تحت اسم التلقيح. ورغم وجود نسبة مئوية من الوفيات، فقد ازداد عدد الاشخاص الملقحين والمحميين بفعالية ضد المرض. وفرض التلقيح نفسه، رغم المهاجرين الالقاء الذين كان بعضهم عظمياً⁽¹⁾. وتبعت المانيا النمسا، وكذلك سويسرا وهولندا والسويد، الخ. وكانت فرنسا البلد الاكثر تصلباً، وانتظر التلقيح لفترة طويلة قبل أن يفرض نفسه. وكان الملقح الاكثر شهرة، والذي ساهم بفعالية في التعريف بالاسلوب، السويسري تيسودور ترونشين Théodore Tronchin (1709-1781) الذي انضم اليه الانكليز د. سوتون D.Sutton وت. ديمسديل Th.Dimsdale لما اشتهرا به من حماس ومن نشاط.

وفي الوقت الذي اشتهر فيه التلقيح، ظهر التطعيم «الجنيري» الذي حل محل الأول لانعدام خطره. وبدأ مجده الطبيب الانكليزي ادوار جنير Edward Jenner (1749-1823) غير مشوب ويستحق بحق التشبيه بمجد هارفي Harvey. فيعد أن لاحظ جنير أن الاشخاص المصابين باللقاح المأخوذ عن ملامسة البقر، لم يعمدوا ينجشون الجدري، انصرف الى بحوث صبورة حملته الى اكتشافه الفصح بعد عشرين سنة من الجهود. وفي 14 ايار سنة 1796، لقح من فيح دمل لقاحي، كائناً بشريا. وكان النجاح تاماً، الى درجة أن العالم بأكمله اعتمد بسرعة التلقيح الذي اصبح يحمل اسم المرض الذي يفضلته سوف تخلق المناعة الاكيدة الشاملة.

بدايات الطبابة الكهربائية - هناك عنصر جديد سوف يجد مباشرة تطبيقات في الطب والكهرباء. فمذ صنع أولى الآلات الكهربائية في القرن السابع عشر، جرى التفكير في استخدام الكهرباء في الطبابة، تقريباً لكل الامراض، إنما بصورة خاصة في الامراض التي تصيب الجهاز

(1) إن المناقشات الرياضية التي أثارها هذا الموضوع وردت في الفصل 1 من الكتاب 1 من هذا القسم.

العصبي . وفي هذا الطريق اتبع الفيزيائيون الاطباء وتجاوزوهم في بعض الاحيان ، واشهر هؤلاء الفيزيائيين كان الابطي نوليه Nollet .

وكان أول علاج طبي سنة 1740 على يد السويسري جان جلابرت Jean-Jal- (1712-1768) labert الذي شفى به مشلولاً . إلا أن استخدام الكهرباء في التطبيب كان نادراً في السنوات اللاحقة . وكانت الاطروحات الأولى حول هذا الموضوع التي نوقشت في مونبليه في سنة 1749 و1750 ، بتأثير من بواسيه دي سوفاج Boissier de Sauvages ، قد درست معالجة الفالج بالكهرباء أو بالمشابهات بين السائل العصبي والكهرباء . واجريت بحوث عدة في العديد من البلدان ومنها ألمانيا وانكلترا ، ولكن علم الكهرباء الطبي ، درس في فرنسا بشكل خاص ، وبناية كافية لتحصيل تقدم ملحوظ . واستكملت الوسائل التي كانت بالتأكيد بدائية . وبدلاً من الشحنات الحظرة المنبثقة عن زجاجة ليد Leyde ، وضعت الشراطات الكهربائية ، وأخيراً الحملات الستاتية ، ومنيت غالبية هذه الوسائل بالفشل ، إلا أن بعضها أدى الى الشفاء . وأراد الاب برتولون Bertholon ان يضع نظاماً مرنياً على الكهرباء الحيوانية : فصف الأمراض الى أمراض كهربائية وغير كهربائية وحاول ان يطبق عليها معالجة كهربائية . وكان للكهربة (الكلفة) معتقوها ولكن بشكل متأخر . وقد وضع فولتا Volta أول بطارية ، وكان أيضاً الأول في استعمال التيار المكلفن أي المكهرب في الطب .

الحركة المسميرية - واستمر استخدام المغناطيسية لتهذبة بعض الأوجاع حتى القرن الثامن عشر ، بعد أن كان قد بدأ في مطلع القرن السابع عشر ، وخاصة في أوجاع الاسنان ، ولكن المغناطيسية ، أصبحت بين يدي الألماني ف . مسمير Fr.Mesmer (1734-1815) ، نظاماً جديداً عرف نجاحاً مدهشاً في حوالي أواخر القرن تحت اسم المسميرية . ترك مسمير المغناطيس ، ومغبط مرضاه بواسطة الأيدي ، ثم حسن طريقته ، فنظم جلسات مغناطيسية جماعية حول جفنة مملوءة بالماء المؤكسد الذي تخرج منه قضبان معدنية ، كان المرضى الجالسون حوله يسكنونها بأيديهم . واستكمل المشهد ، بالعباب ضوئية ، وبحركات ذكية وبالموسيقى . وكان الأمر يتعلق بظواهر تنويمية ، لم يكن لها في الواقع أي شيء مشترك مع المغناطيسية بالمعنى الفيزيائي للكلمة . وعرفت المسميرية انتشاراً مدنياً ، وخاصة في باريس ، وقام تلاميذة مثل ش . ن . اسلون Ch.N.d'Esilon بصنع جفنة لهم . بل أن مسمير استغل صداقية جمهورة ، فمغبط أشجاراً يمكن للأشخاص الفقراء أن يعالجوا تحتها . وأخيراً قامت كلية باريس ضد هذه الممارسات التي حكمت ضدها لجنة رسمية من كلية الطب ومن الأكاديمية الملكية للعلوم سنة 1784 . وانتارت الشهرة بسرعة واضطر مسمير الى الهرب خارج فرنسا ، فنتي بسرعة .

البتولوجيا الأجنبية - واستمرت البتولوجيا الأجنبية تنمو ، خاصة وإن الاسفار الطويلة المدى ، والتي لم تكن تخلو من غاطر ، أصبحت شائعة . ولكن الدراسات أهملت الشرق لصالح أميركا ، وبصورة خاصة لصالح جزر الانتيل . فقد كانت هذه المناطق ، فعلاً مسرح عمليات عسكرية ، وعرفت فضلاً عن ذلك أوبئة رهيبه من الحمى الصفراء ، وخاصة في سان دومانغ Saint-

Domingue حيث أن الوباء حصد الناس فتوقفت الحرب لعدم وجود محاررين . أما أفريقيا فلم تلاق الا الاتهام القليل عبر مصر وعرب بلاد البربر التي كانت بين 1732 و 1734 بحال بعثة علمية وطبية ، الاولى من حيث التاريخ ، بتشجيع من ملك بولونيا أوغست الثاني الذي مولها . ونظم ملك الدانرك فريدريك الرابع بعثة الى الشرق الأوسط ، وهي المنطقة التي تجتمعت فيها الدراسات الرئيسية التي جرت في آسيا . ويمكن أن نذكر أيضاً الأراضي الروسية على حدود العالم الآسيوي وجزيرة مينوركا التي كانت ميداناً لحملات عسكرية متنوعة ، وبجبالاً لعدة دراسات .

وكانت البلدان التي قدمت مساهمة في صنع الباتولوجيا الاجنبية في ذلك الزمن مختلفة عن البلدان التي كانت في القرن السابق . وكانت انكلترا وفرنسا في الطليعة . وتناولت الدراسات الرئيسية الحمى الصفراء التي ظهرت في افريقيا واسبانيا وجزر الانتيل وفي أمريكا . ولكن للأسف لم يبرز اي عنصر مهم يمكنه محاربة هذا المرض . ودرس أيضاً التيفوس الطفحي (داء جلدي) والجذام ، والدزنتيريا والحُميات على اختلاف أنواعها ، وكذلك « البيان » [داء جلدي] والمُشمانيز ، والحطيات . وحفزت الرحلات البحرية الطويلة عدة مؤلفين على معالجة أمراض رجال البحر وبصورة خاصة فقر الدم . وأدخل ج . لند J. Lind عصر الحامض في المعالجة المنهجية وفي الوقاية من هذا المرض . وتقدم أيضاً علم المختار بعض الشيء .

الطب النفساني العصبي - كان من عِمِزات النشاط في القرن الـ 18 بروز ذاتية التيروبسيكاتري أو معالجة الأمراض العصبية النفسانية . فحتى ذلك الحين كان المتعوهون يعتبرون مسموسين أو أُناساً أشراراً وكانت تساء معاملتهم ويحبسون في أكواخ مظلمة غير صحية ، وبعد ذلك اعتبروا كمرضى . وإنه من جلاتل أعمال فيليب بينيل Philippe Pinel الفَيمَة انه اسقط سنة 1793 السلاسل والقيود عن هؤلاء البُؤساء ، وعمل على معاملتهم بشكل انساني . ودرس بينيل Pinel أيضاً الأمراض العقلية فصنفها ضمن أربع مجموعات . الوسواس الكآبة لعتة ثم البلاءة . في حين أنه حتى ذلك الحين لم يتم احد بالاحاطة بمجمل هذا المجال الواسع الذي لم يكتشف تقريباً . وتصدى بينيل أيضاً للعصاب بعد كولن ، ويواسيه دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي سبق أن تكلم عن أمراض النفس ، ومستهال . وتذكر أيضاً الإيطالي ف . شاروجي V. Chiarugi الذي نظم المأوي في بلده وعالج المرضى طبيياً . وعرفت الفيزيونيوميا أو علم السحرة نجاحاً قوياً في عصر النهضة . وفي القرن الـ 17 تكلم ماران كورودي لا شامبر Marin Cureau de la Chambre (1596-1669) ، بدوره عن فن معرفة الناس . وأخيراً تبع أثره في القرن الـ 18 السويسري ج . م . لافاتر J.C. Lavater (1741-1801) إنما وقف عند الاشارات البادية على الوجه . ووجه الألماني ف . ج . غال Fr. J. Gall (1758-1828) دراساته ناحية الحديبات في الجمجمة ، فأوجد علماً جديداً هو علم الفرونولوجيا [شكل الجمجمة] الذي عرف نتجلاً كبيراً .

علم الصحة - بدأت الدراسات الصحية تظهر وتتميز . وأصبح بالإمكان بعد الآن الكلام عن صحة الجيوش ، والصحة في المستشفيات والملاجيء ، وعن الصحة في السجون وعن صحة المقابر .

ولكن بوجه أعم تم درس الصحة المهنية ، والصحة المدرسية ، وصحة الاطفال ، والصحة الزوجية ، بل وصحة الدول . وعلى نفس الخط بدأت المدن الكبرى تعرف بعض الرفاه : حمامات عامة في انكلترا ، والمراحيض في باريس . الخ ونذكر نشر الكتب العامة لكل من فرانك وتيسو Frank Tissot .

وفي مجال الصحة المهنية ترك الايطالي برناردينو رامازيني Bernardino Ramaz- (1633-1714) zini أثراً علمياً عظيماً في كل المجالات (موريس ارتفيكون ، مودين ، 1700) حيث درس كل أمراض الحرفيين في زمنه . وفيما خص الصحة في الجيوش ، نذكر الانكليزي ج . برنغل J.Pringle وفيما خص المستشفيات نذكر مواطنه جون هوارد John Howard الذي اجتاز أوروبا لكي يتزود بالمعلومات ، ونجح فيما بعد بفرض وجهة نظره . واهتم الفرنسي ثورت Thoutret بصحة المقابر ، وقام مؤلفون كثيرون ، بعد هـ . هاغينوت H.Haguenot ضد مخاطر الدفن في الكنائس .

وفيما خص التدابير الجماعية ضد الاوشة ، يتوجب ذكر لنسيزي Lancisi الذي جفف مستنقعات بونتين Pontins ، وفي فرنسا اتخذت قوانين صارمة جداً وفرضت في زمن الطاعون تحت اشراف وإدارة مكاتب الصحة . وظل الحجر الصحي إحدى الوسائل الأكثر فعالية . ونذكر ، للتذكير ، التشريع المضاد للسسل الذي طبقته في ذلك الزمن جمهورية البندقية .

الطب الشرعي - لا يفسح الطب الشرعي المجال أمام الشروح كثيراً، لأن ذكرى ب. زرخيا P.Zacchia ، في كل الاذهان ، تشمل الجهود الجديدة التي بدت ويحق غير مجدبة . ولكن الاهتمام انصب في فرنسا على الولادات المتأخرة ، وهذا ما تسبب بأدب غزير . في حين تدخل الجراح انطوان لويس Antoine Louis (1723-1792) في عدة دعاوى ، عكف مختلف المؤلفين على المسائل التي يطرحها الاختناق . وفي خارج فرنسا قلما كان الاطباء الشرعيون نشيطين الا في ألمانيا . وإيجاد كرامبي للطب الشرعي في المدارس الثلاث للصحة في الجمهورية الفرنسية ، دل على بداية عهد جديد بالنسبة الى هذا العلم .

IV - الجراحة

الجراحة العامة - وبدأ عهد جديد بالنسبة الى الجراحة التي خرجت أخيراً من سباتها الطويل ، واتخذت تسير في مسار صاعد من أكثر المسارات بهاءً وبرزت هذه الحركة بضخامة أكبر في فرنسا وبخاصة في باريس حيث كان الاطباء قد احتلوا مرتبة متدنية جداً بفعل الاساتذة في الكلية . وكانت هذه الثورة قبل كل شيء من صنع ثلاثة رجال احتلوا تبعاً مركز الجراح الأول عند الملك ، فعرفوا كيف يدافعون عن زملائهم ويحصلون من اجلهم على كل الحمائم المطلوبة : جورج مارشال (1658-1736) Georges Mareschal ، فرنسوا لا بيروني Francois de Lapeyronie (1678-1747) ، وج . بيشو دي لامارتيينار G.Pichaut de Lamartiniere (1783-1696) . وارتكز هذا التصحيح على اعادة

تنظيم كلية الجراحة في باريس سنة 1724 ثم بحث وتوسيع امتيازاتها القديمة ، في سنة 1743 . ومنذ ذلك أصبح للجراحين مدينتهم (سانت كورم) حيث كانوا يعلمون فتم دون أن يستطيع الأطباء أن يمارسوا عليهم شيئاً من الرقابة غير حضور بعض الامتحانات . فضلاً عن ذلك : رفع الالتزام القاضي بوجوب الحصول على المعلمة في القنون من أجل إمكانية القيام بالدراسات الجراحية ، هذه الدراسات الى نفس مستوى الطب . وأصبح للجراحين الجدد حقهم الذي كان مقدرأجداً في ذلك الزمن وهو لبس الثوب الطويل . وعلى نسق باريس أصبح لمونبلييه Montpellier كليتها سنة 1741 ، وتبعته في ذلك مدن أخرى . وعلمت فيها الجراحة العامة تحت اسم « المبادئ » والتشريح وعلم العظام وأمراضها والعمليات ، ثم بعد ذلك بقليل علم القبالة ثم طب العيون . وفتحت في باريس ومونبلييه مدرسة تطبيقية حيث كان التلامذة المتفوقون يتألفون مع العمليات على الجثث التي كان يصعب الحصول عليها . وكانت الامتحانات شبيهة تماماً بامتحانات كليات الطب ، وكانت تتوج فيها بعد باطروحة . وعلى كل حال لم يكن التكوين الجراحي موحداً ، وخارج المدن المزودة بوجود كلية ، لم تكن المدن الأخرى مزودة الا بمعلمين جراحين من مرتبة ادنى ، لم يمروا إلا بامتحان ابتدائي بسيط . واستمرت المستشفيات في المدن الكبرى في تخريج بعض الشبان الجراحين الداخليين الذين كانوا بعد 6 سنوات تعطى لهم شهادة المعلمة بعد امتحان واحد . وكان هذا الأسلوب في تخريج الأطباء الجراحين مرغوباً به بسبب الممارسة العملية فيه . وكان هذا التعليم الجانبي الهامشي قد بقي مستمراً بخلاف الثورة الفرنسية ، وانتشر بسرعة في كل مجالات الطب . ويعتبر الشبان الجراحون الذين نالوا رتبة المعلمة في القرن الثامن عشر هم الأسلاف المباشرين الداخليين في مستشفيات فرنسا . وعزف صعود الوسط الجراحي ذروته سنة 1731 بتأسيس الأكاديمية الملكية للجراحة ، ويعود الفضل فيها الى مارشال Mareschal ولأبيروني Lapeyronie وهذه الأكاديمية سبقت بكثير أكاديمية الطب . وفرضت الجمعية الجديدة نفسها سريعاً بفضل العناية في جلساتها وتنوع أعمالها . وكان مديريها الأول ج. ل. بي. J.L. Petit وسكرتيرها الدائم كان انتوان لويس Antoine Louis . وكان هذان الشخصان هما المحور العامل لهذه المؤسسة المهمة .

وفي الدانمارك ، حيث كان الجراحون عرضة لنفس التنكيل من قبل أطباء ، وكان رسول البقطة الجراحية هوسيمون كروجر Semon Cruger . وكان الصراع مريراً ، يتخلله الخذلان ، ولكن كلية كوبنهاغ اضطرت الى الاستسلام عند انشاء أكاديمية للجراحة حيث اشتهر هنريك كاليسن Heinrich Callisen . وحصل تطور مماثل في بريطانيا . فظهرت كليات جراحة في لندن وأدنبره ودوبلين Edimbourg et Dublin ، كما ظهرت أسماء عظيمة في مجال الجراحة البريطانية يومئذ . وأسس الاخوان جون ووليم هنتر John et William Hunter متحفاً ونظمو تعليم الجراحة .

وفي ألمانيا وبخاصة في بروسيا تقلدت الجراحة العسكرية تقدماً حقيقياً . وانشئت كلية طبية جراحية مزودة بكبرسين في برلين . ولكن الجراحة ظلت مستترة في البلدان الجرمانية الأخرى . وكان الامر كذلك للاسف في ايطاليا وهولندا رغم أن هذين البلدين لم يعرفا التفريق بين المهن الطبية

والجراحة . أما النمسا فقد بعثت نهضة خجولة حين انشأت مدرسة للجراحة الطبية في فينا . وظلت البلدان الشمالية واسبانيا في الظل . وفي القرن الثامن عشر توجه نشاط الجراحين نحو مجالات عديدة في الجراحة الكبرى والجراحة الصغرى . فدرست الجروح السطحية والحراجات والالتهابات السطحية والتقيحات المتنوعة والاكالات وجروح الرأس وجروح العيارات النارية . وفي عمليات البتر اعتمد اُسلوبيان : الاسلوب الدائري ذو الكم أو الدائري ذو الشق أو الشقين ، وتحددت التجاوزات بفضل توضيح افضل للتأثير العملي . وكذلك حصلت الجراحة من اجل تفكيك كل الاطراف باستئصال الورك ، وكان الوضوح اكبر ايضاً في تأثيرات المثقب . فاستؤصلت الحراجات ، بما فيها سرطان الثدي . وربط تنفخ الشرايين فوق الجيب ، وتمت الجراحة على ملائمة المعدة وحتى المريء . وقامت دراسات عدة حول الفتوقات : فتم سد ثقب الفتق عن طريق الجراحة مع الايصاء بلبس المشد فيها بعد . ويتم الاختصاص في الفتق الفخذي وغيره من الفتوق .

واستؤصل الناسور المخرجي ، وكذلك التقرح الدلعي رغم أن التقنين لم يتقنوا على الاسلوب الذي يجب اتباعه . أما الكسور والخلوع فلم تنل الاستكمالات تفصيلية من حيث تخفيفها وضبطها ، بالمقابل عُرِفَ جيداً وبدقة تفاعلية التكلس انطلاقاً من غشاء العظم ، وهو أمر قد قضى على اخطاء مضت عليها قرون . وكانت الجراحة في العمود الفقري مطروحة ، وكذلك التجبير الذي ولد مع أندري N. Andry وآ ج . فينيل A.J. Veinel .

واقترنت اسماء العديد من الاطباء بهذه العمليات المتنوعة . نذكر بالنسبة الى فرنسا : ب . ج . ديسوت P.J.Desault وكان تأثيره عظيماً على الاجيال الشابة ، خاصة بعد التعليم العملي الذي قام به في اوڤيل ديوي في باريس ، وأ لويس A.Louis وج . ل . بي J.L.Petit ، أما في بريطانيا فكان آ . مونرو الابن A.Monro ، وج دوغلاس J.Douglas ، الذي كان ايضاً عالماً بالتشريح ، وبرسيفال بوط Percival Pott ، ووليم شيسلدن William Cheselden وكذلك جون ووليم هنتر John et William Hunter ، وبالنسبة الى ايطاليا : كان هناك : آ . سكاربا A.Scarpa ، وكان ايضاً عالماً ممتازاً في التشريح ، وفي المانيا كان ل . هيستر وأ . ج ريختر L.Heister et A.G.Richter والعديد من الجراحين المسكوكين الممتازين .

ونذكر بسرعة بعض النجاحات . فقد تعلم ف . شوبارت Fr.Chopart كيف يخلع الرجل ، في حين كان بيّتي Petit يفرق بين ضفوفات الصدمات في الرضوض الجمجمة ، ويصف وصفاً ممتازاً التهاب المرارة . وابتكر جون هنتر John Hunter ربط الشريان الفخذي ووصف القناة التي تحمل اسمه . وقام آ . سكاربا A.Scarpa وجيرنات A.de Gimbernart باكتشافات مهمة تشريحية بمناسبة أعمالها الجراحية . ولم يتردد ف . لابيروني Fr.Lapeyronie في بتر عقدة معوية في حالة فتق غنوق ، وأعاد بعدها المرور العادي . ووصف ب . بوط P.Pott وج ب . دافيد J.P.David ، بأن معاً تقريباً « مرض بوط » في حين درس هـ . ل . دوهايل دو مونسو H.L. Duhamel du Monceau وب . فيغاروس B. Vigarous تفاعلية التوالد العظمي كما درس ت . غولار Th.Goulard الأمراض الاحليلية والزهرية .

التخصصات - كانت هناك عمليات اعتبرت حتى ذلك من اختصاص الجراحين الجوالين أو الاختصاصيين ، ثم ألحقت بصورة تدريجية بالجراحين الحقيقيين . وأهم هذه العمليات كان استخراج الحصى ، والشق الجانبي . وهذه الطريقة التي استكملت بفضل الأسلوب الحفي الذي وضعه جان باسيلهاك (الاغ كوم 1703-1781) فضلت على الأسلوب الجديد ، أسلوب البضع الجانبي الذي كان يتطلب مهارة فائقة . وعادت انكلترا الى تفضيل أسلوب الشق القديم بين السرة والعانة ، أسلوب فرانكو Franco ، أو العملية العليا التي لم تفرض نفسها إلا في القرن 19 .

وعرف طب العيون نهضة كبرى يومئذ ونجح أيضاً في الحصول على كراس في كليات الجراحة . ومن بين العمليتين الرئيسيتين ، التفرخ الدمعي والسيلان . وعرفت الأخيرة ثورة تقنية حقة . في حين أنه منذ العصور القديمة كان يكفي بتخفيض بلورة العين (كريستال) ، اخترع الفرنسي ج . دافيل J.Daviel (1696-1762) أسلوب الاستخراج الذي قلما أصابه تغيير بعد ذلك .

وقد جرى الاهتمام أيضاً بعمليات تدخل اليوم في مجال اختصاص الاذن والانف والحنجرة ، مثل أورام الانف ، وترسبات التجويف الفكي ، وأمراض الفم والشفة المشقوقة . أما ترقيع الانف الذي لسبب الى تغاليا كوزي Tagliacozzi فقد نسي تماماً .

وعلاج الاسنان فرض نفسه بدوره وخلص من المشعوذين في البونيف وغيره . وبعد ذلك سوف يتم الاطباء والجراحون بفن الاسنان وسوف يذيعون نتائج بحوثهم في هذا المجال الذي كانت الكتب فيه نادرة جداً . وجرى تحسين الآلات وابتكرت آلات جديدة . وبذات الوقت ظهرت أولى النصائح فيما يتعلق بصحة الاسنان . فعولج التسوس ، واستعملت الاسنان المستعارة الحيوانية والاصطناعية وظهرت أولى التركيبات وتميزت هذه الثورة الحقة بأن هذا التقدم هو أيضاً من صنع الجراحين كما هو من صنع الاطباء ، وهذا ما ساعد على التقارب المرجو بين المهنتين الخصمتين . وأخيراً كرست الثورة الفرنسية هذا الاتحاد باقامتها ثلاث مدارس للصحة انشئت في 14 فبراير السنة الثالثة ، في باريس وستراسبورغ ومونيليه .

فن التوليد - كان هذا الفرع من الطب قد حصل على استقلالته منذ مئة سنة . وأصبح مركز القابلات ثانوياً ، كما رأى الجراحون أنفسهم منافسين ، أكثر فأكثر من قبل الاطباء في ممارسة هذه المهنة التي تخصص بها البعض . وحصل تقدم في المجال التشريحي النسائي ؛ ومن بين التجديدات الكثيرة ، درس الرحم في حالة الحمل .

وتم درس معالجة الحوض بفضل الفرنسيين ا . ليفري A. Levret و ج . ب . بوديلوك J.B. Baudelocque (1745-1810) ووضعت توضيحات حول حركات الجنين عبر المر الحوضي ، وحول مختلف الوضعيات التي يمكن أن يأخذها بحسب التمثيلات وقدمت من قبل بوديلوك Baudelocque ، وخاصة من قبل معلمه ف . ل . ج . سولاريس F.L.J. Solayrès من رهاك . وأشار الانكليزي و . سمي W.Smellie بالتحويل أو القلب الأخدودي في حالات الالتحام السابق .

واكتشف ج . ر سيفولت J.R.Sigault السمفيزوتومي (الاتصاق) الذي عرف حالياً مؤيديه عديدين . في حين فضل آخرون عليه العملية القصيرة التي أعيد إليها مجدها وعرفت نسبة من النجاحات كافية .

لم يعد الملقط آلة سرية : لقد شاع استعماله وكلّ يحاول استكماله . وفي هذا إحدى الاشارات الأكثر تمييزاً للفكر الجديد . وعلى نفس المستوى انشئت دور التوليد الأولى ؛ بعضها كان بيتاً بنيت بصورة خاصة لهذه الغاية ، وبعضها الآخر انشئ كأجنحة ملحقة في بعض المآوي . وأخيراً ظهرت الصحف المتعلقة بالولادة في آخر القرن . وعلى كل كانت فرنسا هي التي تحتل المقام الأول بالعناية بشؤون الولادة والتوليد تتبعها عن قرب انكلترا والمانيا .

V - الصيدلانية

لم يعرف علم الصيدلة ثورة كثورة القرن الماضي ، اذ لم تكتشف أدوية جديدة ذات مفعول عملي يمثل هذه الضخامة . بالمقابل جرى تحديد مؤشرات جديدة استطبابية لمستحضرات سبقت معرفتها وتفحص الألماني آ. فون ستورك A. Von Storck خصائص الشوكران Ciguë والداتور Dature والأقونطين Aconit والسورنجان (الكولشيك Colchique) ، الخ . في حين استعمل الانكليزي وليم ويندونغ William Withering (1799-1741) القمعية (Digitale) في الاستسقاء (Hydropisie) ، كما أوضح الايطالي ف. تورتى F. Torti معايير استعمال الكينا .

وكانت المستحضرات النباتية تحتل مركزاً قوياً في الإجزائية [تركيب الادوية] في حين تم التخلي بصورة شبه كاملة عن المستحضرات الحيوانية ، باستثناء مستحضر واحد رأى النور يومئذ ونجاحه لم يتزعزع منذ ذلك الحين ، إنه زيت كبدة المور (Morue) . ولكن المستحضرات شبه المعدنية كانت أكثر نجاحاً . لقد حضر الانكليزي توماس فاولر Thomas Fowler الزرنيخ السائل واطلق اسمه على هذا الشراب . وأشاع ت . غولار Th.Goulard استعمال مختلف المستحضرات من أساس الأسيتات الدنيا من الرصاص ومنها الماء الابيض . وعرف برتولي Berthollet بكلورات البوتاس وادخل الانكليزي ت هنري Th.Henry المنغيز في الطب . أما الزئبق ، الذي ما يزال يستعمل في السفسل ، وهو اي السفسل غير مُفرق تماماً عن السيلان الابيض ، فقد استعمل بعبارة أقل ، والعديد من المؤلفين يناهضون البحث عن استئثار اللعاب .

فضلاً عن مستحضرات التطيب التجانسي ، والمغناطيسية ، والكهرباء ، نذكر شيوع استعمال الاستطباب المتجمعي Balneo Therapie بالمياه الحارة أو الباردة والحموية Thermalisme ، كما نذكر نشأة علم التداوي بالمياه ، وهو علم جليل يدخل بآن واحد في الكيمياء وفي الطب . في حين أشاع بوردهو Bordeu ، استعمال مياه باريج Barèges وصنع ج.ف. فينيل G.F.Venel مياه سلتز Seltz

الاصطناعية ، أخذ يبع المياه المعدنية يزاحم التداوي بالمياه الحارة Thermalisme

VI - الحركة الطبية

لم يعد من الضروري تأريخ الحركة الطبية . فقد تكاثرت الاكاديميات في مختلف بلدان أوروبا وحتى في الأرياف . وحده الطب الفرنسي ظل مستعصياً متخلفاً بسبب موقف كلية الطب في باريس ، هذا على الرغم من ان انشاء الجمعية الملكية للطب قد تم سنة 1776 بدونها ورغماً عنها ، ويفضل ج . م . ف. دي لاسون J.M.Fr.de Lassone (1788-1717) الذي انشأها ، ويفضل ف.فيك دازير F.Vicq d'Azyr الذي كان حافزها الرئيسي . وأطاحت الثورة الفرنسية أخيراً بهذه الرواسب . واتسع نطاق الصحافة الطبية وتضخم حتى ان احصاء مختلف الدوريات اصبح صعباً في حين اخلت تظهر أوائل الصحف المتخصصة .

ورأى التعليم الطبي تكاثرت الكليات ، دون أن يتساقو عددها مع قيمتها . واحتفظت المدارس القديمة بكل مجدها ، وإذا كانت الجامعات اللاتينية قد رأت عدد التلامذة الجرماني يتدنّى لصالح الكليات الألمانية ، التي كان بعضها ممتازاً ، إلا أن « العالم الجديد » ملأ الفراغ ، وبصورة خاصة أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية .

في هذه الاثناء استمرت بعض المدارس في استقبال الطلاب من جميع انحاء العالم . تلك هي المدارس التي تقدم تعليماً عقائدياً . وهكذا كان من الشائع انتجاع ليد ، وهال ، وكوتنجن ، ومونبليه أو المدارس العيادية في فينا ، وليد ، وادنبرة ، وبافي الخ . واحتفظت مدارس أخرى بشهرة كبرى : باريس،ليبزيغ ، وبادو ، وبيزا ، وبولونية ، وبال وأبسال . ورات أوروبا الشرقية ولادة جامعة موسكو وويلنا . وإذن فقد كان العالم الجامعي في أوج ازدهاره . أما بشأن الاساتذة ، فالملاحظات التي قيلت بالقرن الماضي ما تزال صالحة . فالاساتذة في فرنسا أكثر استقراراً ، منهم في غيرها ، حيث يخضعون عفوياً للأغراءات المتتالية من مختلف الكليات واصبحت الكيمياء أكثر قرباً إلى العلم منها إلى الطب إلا أن كليات الطب ظلت أهم مراكز تعليم هذه المادة التي دخلت حتى الى كلية الجراحة في باريس . وكذلك الحال بالنسبة الى علم النبات . الذي وإن استقل ، ظلّ يعلم في كليات الطب ، وظلّ يهم عدداً لا بأس به من الاطباء . نذكر أيضاً ، أنه في النصف الثاني من القرن 18 ، نجح الصيدالة في استدراك التأخير الذي كانوا فيه بالنسبة إلى الجراحين منذ ما يقارب مئة سنة ، في حين أنهم ، أيام الثورة ، كانوا يجلسون إلى جانبهم في كليات الطب .

إننا نرى الآن كم كان كبيراً ما قدمه القرن الثامن عشر في بناء الطب الحديث . ان هذا القرن لم تكن له نفس الاصالاة الكبيرة التي كانت للقرن الماضي ، ولكنه عرف كيف ينمي ويقوي الميول التي سوف تؤتي ثمارها من اجل خير البشرية جمعاء .

الفصل الرابع :

الزولوجيا أو علم الحيوان

في آخر القرن 17 ، اعطى جون راي John Ray لعلم الحيوان شكلاً أكثر علمية ، فقد ادخل فكرة النوع وعرف دور التشريح في التصنيف الحيواني . هذا الحفز ربما حدد تقدماً برز طيلة القرن 18 وإذا كان تطور الزولوجيا قد بدا أكثر ببطءاً من تطور علم النبات ، فإن هذا الفرق يفسر بموضوع هذا العلم بالذات : إن دراسة الحيوان أكثر تعقيداً ، وتجميع المواد بدا أكثر صعوبة .

I - وسائل الدرس

تقنيات المراقبة - كان ميكروسكوب ليونوك Leeuwenhoek وميكروسكوب هارتسوك Hartsoeker - ويلسن ، شائعي الاستعمال . وفي مجال المراقبات الميكروسكوبية ، كانت تستعمل البلورات الكبيرة والعدسات المؤطرة ضمن اطار نظارات ، وهو تجهيز يترك لليدين حرية التحرك ، وبالتالي يتيح الملاحظة والتشريح ، ولكنه غير مؤات للرسم . وفي سنة 1745 ، صنع ب . ليوني P.Lyonet نموذجاً جديداً من العدسات الكبيرة المزودة بنفس الامكانيات ، وتتيح إضافة الى ذلك الرسم .

وشكل الرسم ، والتلوين والحفر مساعدات ثمينة بالنسبة الى علم الحيوان ، ومن بين الانتاجات الاكثر بريقاً في القرن 18 ، في هذا المجال ، نذكر المؤلف الفخم حول الفراشات وغيرها من حيوانات اميركا الجنوبية ، مؤلف حقيقه س . م . ميريان S.M.Merian في مطلع القرن . والرسومات والمحفورات الرائعة التي نفذها ب ليوني P.Lyonet لكى يزين بها أعماله الخاصة أو دراسات الزولوجيين الآخرين من أمثال ترمبلي Trembley وليبركون Lieberkuhn ؛ وأخيراً رسوم الطيور - ل . ل . فريش L.Frisch وم . كاتسي M.Catesbey وج . إدوارد G.Edwards ورسوم الضفادع لروسل فون روزنهوف Roesel Von Rosenhof .

المجموعات وصلات التاريخ الطبيعي - ان المجموعات الخاصة كانت في تلك الحقبة عديدة وكثيرة الكلفة . وبلغ الولوج بمجموعات الاصداف ، الملحوظ في كل من فرنسا والمانيا ، أوجه في هولندا . وكانت صالة صدفيات ب . ليوني P.Lyonet ، في سنة 1762 تحتوي أكثر من 7000

قطعة ، وتعتبر الأكثر كمالاً حتى ذلك الحين .

واسس ج . ت كلين J.T.Klein في دانزيغ صالة تاريخ طبيعي حولت فيما بعد الى بايرث (Bayreuth) [في المانيا] .

وفي باريس ، نظم ريومور Réaumur (1683-1757) في بيته متحفاً مفتوحاً أمام الجمهور تجاوزت مجموعاته في أهميتها مجموعات صالة بستان الملك ، وبصورة خاصة الطيور التي كان مراسلوه المتعددون يرسلون له عينات منها من كل ارجاء الكون . واهتم ريومور في تحسين تقنيات حفظ الحيوانات ، وترك عدة مخطوطات تتعلق بصالات التاريخ الطبيعي . وكانت مجموعته التي ورثها للاكاديمية الملكية للعلوم قد نقلت بموجب أمر ملكي (1758) الى صالة بستان الملك في باريس .

ونجح بوفون Buffon بعد أن خلفه دوفي Dufay كأمين لبستان الملك ، في زيادة المجموعات بشكل ضخم . وطلب من كل المسافرين ومن الموظفين ، في المراكز البعيدة ، أن يرسلوا حيوانات حية أو جلوداً ، ونباتات ، وأشباه معادن . وهكذا تلقى مواد ضخمة - مثلاً مجموعات مأخوذة من السنغال من قبل ادانسون Adanson - زادتها غنى الهدايا المقدمة من قبل بعض الملوك . وكلف دويتون Daubenton بتنظيم المجموعات ، وشكل كتابه « وصف بستان الملك » (1749) أول عرض متحفٍ علمي . فضلاً عن ذلك ، أسست بداية حظيرة للحيوانات .

وفي سنة 1793 ، جمعت صالة بستان الملك تحت اسم متحف التاريخ الطبيعي . وافر فيها تعليم الزولوجيا ، وأسند التعليم أولاً الى اتيان جيوفروا سان هيلير Etienne Geoffroy Saint-Hilaire ، ثم وزع بين هذا وبين لاسبيد ولامارك .

وبعد التغلب على مصاعب عدة نجح ا . جيوفروا سان هيلير E.Géoffroy Saint-Hilaire ، في آخر 1794 ، وبصورة رسمية في الحصول على انشاء حظيرة مخصصة جزئياً للملاحظة العلمية . نذكر ، فضلاً عن ذلك ، ان حظيرة برنس دورانج أتاحت لـ ب . س . بالاس P.S.Pallas ان يدرس عدة أنواع جديدة أو معروفة بصورة غير كاملة .

رحلات علماء الطبيعة - في القرن 18 تنابعت الرحلات الكبرى ، وكثر عندها بصورة متزايدة ، وقام علماء الطبيعة المحترفون يشاركون فيها ، لجمع الوثائق الثمينة حول حيوانات غير معروفة ، ولتنفيذ المجموعات الخاصة ، والصالات والمتاحف .

ونظمت بعثات مهمة من قبل روسيا لاحصاء الحيوانات والنباتات والموارد الطبيعية ، في آسيا الوسطى وفي سيبيريا . وشارك في أولها (1733-1742) النبائي ج . ج . جملين J.G.Gmelin والحيواني ج . ستيلر G.Steller وشارك هذا الأخير ايضاً بالرحلة الى كامشكا من قبل س . ب . كراشينينكوف S.P.Kracheninnikov ، وجمع معلومات غير منشورة عن الفقرات في تلك المنطقة . وبين 1768 و1774 أنظمت بعثة علمية ضمت الحيواني ب . س بالاس وس . ج . جملين S.G.Gme-lin من قبل كاترين الثانية من اجل اكتشاف المتحدر الشمالي من القارة الآسيوية . ونشرت النتائج

المهمة التي توفرت لها في ثلاثة مجلدات تحت عنوان « رحلات عبر عدة أقاليم من الامبراطورية الفارسية » (1771-1776) .

ومنذ منتصف القرن 17 ، اهتمت أكاديمية العلوم ، في الدانمرك بسكان ايسلندا وتابع يه اولافسن E.Olafsen وب. بوفلسن B.Povelsen هذه الدراسة من 1752 الى 1757 . وفي كتاب « ناشرتين فون ايسلندا » (1746) وصف ج. اندرسن Anderson. لورسم اجناس الحوتيات والطيور في المناطق الشمالية . وفي 1788 ، نشر ن. موهر N.Mohr موجزاً اجمالياً لتاريخ ايسلندا الطبيعي ، في حين نشر اوتو فابريسيوس Otto Fabricius سنة 1780 كتاباً مهماً « فونا غرونلندا » .

وقدمت البعثتان الاوليان ، اللتان قام بهما جاسم كوك James Cook في الباسفيك مستندات حول الحيوانات في أستراليا (هولندا الجديدة) . وشارك ج. بانكس J. Banks ود. سولاندر D.Solander ، في البعثة الأولى (1768-1771) التي زارت زيلندة الجديدة وقسماً من أستراليا . وقدموا وصفاً للكانغورو الذي ظل اكتشافه ، في سنة 1700 ، من قبل داميه ، غير منظور . ووصف ج.ر. فورستر J.R.Forster الذي شارك في الرحلة الثانية لكوك (1772-1775) لحيوانات أميركا الشمالية بشكل خاص ، وحيوانات الهند الشرقية والصين . ويُذكر أيضاً أن جوزف جيسيو Joseph Jussieu الذي ذهب سنة 1735 الى أميركا الجنوبية مع بعثة جيوديزية ظل فيها 35 سنة ، وإن سونيوات وكومرسون Sonnerat et Commerson شاركا في البعثات الى أوقيانيا التي قام بها بوغنيفيل Bougainville (1766-1769) وبيروز Pérouse (1785-1788) .

وكانت أميركا موضوع إهتمام خاص . وتضمن « التاريخ الطبيعي للمستغال » (1757) الذي وضعه ادانسون Adanson بعض الملاحظات من النمط الزوولوجي . ووصفت حيوانات افريقيا الجنوبية سنة 1712 من قبل ب. كولب P.Kolbe ، وفي سنة 1787 من قبل السويدي آ. سبارمان A.Sparman الذي اهتم بشكل خاص في انتيلوب ، بالطيور والارضات (Termites) . نذكر أيضاً ، مع اشياء اخرى ، اكتشاف شواطئ افريقيا الشمالية من قبل ت. شو Th.Shaw والمعلومات المهمة التي جمعها ا. جيوفروا سان هيلير Et.Géoffroy Saint-Hilaire ، وج.ش. دي سافيني J.C.De Savigny والرسام الملون ب.ج ردوتي P.J.Redouté بخلال بعثة مصر التي نظمها بونايرت ابتداء من 1798 .

وأخيراً درس ب. سونيوات P.Sonnerat حيوانات الهند ، والصين وجزر الملوك . في حين اكتشف ج. آ. أوليفيه G.A.Olivier آسيا الصغرى وفارس .

II - المفاهيم الجديدة في علم الحيوان

المهيجة أو التنظيم - بخلاف القرون الماضية والعقود الأولى من القرن الثامن عشر بدا علم الحيوان ، بشكل خاص ، كسلسلة من أوصاف الحيوانات أو كحكاية اخذت تزول بصورة تدريجية

لتحل محلها الملاحظات الدقيقة والاكثـر جدية .

ويدل تـكاثر المذكرات المخصصة للمنهجية اي للتصنيفات ، التي تهتم بمجمل المملكة الحيوانية أو المقصورة على صنف معين أو على رتبة معينة ، على الاهتمام ، من جانب جميع علماء الطبيعة ، في ترتيب هذا العالم الحيواني الكثير والمتنوع .

وكان المعلم الكبير في هذه المنهجية أو التنظيم ليني Linné (1707-1778) ، الذي جدد علم الحيوان ، وذلك بتمسكه بوضع تصنيف طبيعي (أو أقل اصطناعاً) يحترم التباين ، ويأخذ في الاعتبار ، ليس الشكل الخارجي فقط بل التشريح الداخلي .

وقد اختيرت الطبعة العاشرة (1758) من كتاب ليني المسمى « النظام الطبيعي » حيث وصفت فيه 4370 نوعاً ، كنقطة انطلاق في التنظيم المصري ، كما اختيرت كمرجع لتطبيق الأسبقية في مسائل الجدولة الدقيقة . وإلى ليني يدين علم الحيوان في أنه جعل ، بمثابة قانون الجدولة الاثنينية المطبقة على كل الكائنات الحية⁽¹⁾ .

قسم ليني المملكة الحيوانية الى 6 طبقات محددة وكبرى ، وفقاً للمصفات التشريحية : ذوات الاربع ، الطيور والقوارب (كالضفادع) الاسماك ، الحشرات ، والدود .

في الطبعة العاشرة استبدل ليني كلمة اربعيات بكلمة ثدييات أو الحيوانات ذات الثدي . وقد اعتمدت هذه التسمية سريعاً . وصنف الانسان ضمن الثدييات وكذلك الحوتيات والوطواط . وهكذا كان ليني Linné أول من قدم مفهوماً واضحاً لطبقة الثدييات .

وقام كثيرون من معاصري ليني Linné بوضع تصنيفات لايأس بصلاحيها ، من ذلك أنه في سلسلة مهمة من الكتب ومنها « النظام الطبيعي لعالم الحيوان » (مجلدان ، 1754 مترجم الى الفرنسية من قبل م . ج . بريسون M.J.Brisson) ، وضع ج . ت . كلين J.T.Klein (1685-1759) تصنيفاً مصطنعاً لكل المملكة الحيوانية مؤسساً على الصفة الظاهرية : وجود أو عدم وجود ارجل . والحيوانات ذات الارجل تقسم الى اربعيات أو اثنتين أو متعددة الارجل . والحيوانات بدون ارجل تتضمن الزحافات أو الحيات ، والحيوانات ذات الزعانف ، والحيوانات الشعاعية والحيوانات ذات الشكل غير الطبيعي . واستمر هذا التصنيف بشكل مصطنع ، فاصلاً مثلاً الدببة والقرود عن الثدييات الاخرى بسبب الاختلاف الموجود في ارجلها الخلفية وارجلها الامامية . أما الانسان فغائب عن هذا النظام . وادخل كلين تصحيحات متتالية على منهجيته في التصنيف ، ولكنه لم يراع مفهوم النوع الذي سبق وحلده راي . وعدم واقعية مثل هذا التصنيف يثير العجب اليوم ولكن في زمن كلين

(1) انظر أيضاً الفصل الأول والفصل الخامس من هذا الكتاب .

Klein كانت اللفظة كبيرة لمعرفة الحيوانات بسهولة . ولهذا كان لنظامه أنصاره الذين دافعوا عنه .

واعتمد م . ج . بريسون M.J.Brisson في « جدول المملكة الحيوانية 1756 الصفات التي استخدمها ليني ، ولكنه عزل الانسان وأقر تسع طبقات من بينها طبقات الحوتيات ، والاسماك ذات الغضروف ، والقشريات . أما ج . ب . ابرهارد J.P. Eberhard ، فبعد عزل الانسان ، صنف الحيوانات ضمن مجموعتين بحسب ما إذا كانت تملك أو لا تملك أعضاء حس تشبه أعضاء الانسان . واعتمد ج . ف . بلوميناخ J.F.Blumenbach مع بعض التعديلات تصنيف ليني . وأخيراً احتج ج . هرمن J.Hermann ، في « جدول المقاربات البيولوجية » ضد تمثيل وعرض المملكة الحيوانية ضمن سلاسل خطية عامودية ، واقترح توزيعاً بحسب خطوط شبكية ، ولاحظ أن شكل قسم من الجسد يحدد شكل الاقسام الاخرى ، فأوشك أن يتبنأ بقانون العلاقات الشكالية .

الجغرافيا الزولوجية - إن الحيوانات في مجملها العائشة في منطقة معينة أخذت تبرز. مثلاً حيوانات الدانيمارك (و . ف . مولر O.F.Muller) ، حيوانات بريطانيا (ت . بينان 1776 T.Pennant) ، حيوانات فرنسا (بوشوز 1776, Buchoz) ، ايطاليا الشمالية (سكوپولي 1786 Scopoli) ، حيوانات النمسا السفلى (كرامر 1756 Kramer) ، حيوانات هنغاريا (سفيريني 1779 Severini) حيوانات الدانوب وروافده (مرسيغلي 1726 Marsigli) ، حيوانات روسيا (ب . س . بالاس P.S.Pallas) ، الخ .

وكانت العلاقات بين حيوانات مختلف المناطق في العالم ، وتشابهها وتفاوتها غير مدروسة بعد بشكل مبسوط . ولاحظ بوفون Buffon وهو يتفحص توزيع الحيوانات في العالم ، وجود عدة مراكز متميزة في الجماهير الحيوانية : أميركا الجنوبية ، أميركا الشمالية ، أفريقيا الوسطى ، الهند ، أفريقيا الجنوبية ، آسيا الوسطى وآسيا الشمالية وأوروبا ، وإستراليا . وكل من هذه المراكز له حيواناته الخاصة . وقد لاحظ بوفون Buffon أن حيوانات العالم الجديد اذا قورنت بحيوانات العالم القديم « تشكل كطبيعة موازية جانبية ، أو كمملكة حيوانية ثانية ، تتطابق في كل مكان تقريباً مع الأولى » . من خلال هذه الملاحظات الصحيحة حول توزيع الحيوانات أنشأ بوفون علماً جديداً جمع فيه علم الحيوان الى الجغرافيا .

هذا التوزيع الجغرافي لفت انتباه علماء الطبيعة أمثال شريبير جلين وزمرمن Schreber, Gmelin et Zimmermann . وقد حاول هذا الاخير ان يقارن بين مختلف انواع الثدييات (1778) ، فبحث عن أصلها وعن هجراتها الممكنة :

III - جدولة الحيوانات

بخلال القرن الثامن عشر امتدت الجدولة الحيوانية حتى شملت كل المملكة الحيوانية . وبعض المجموعات استلقت الانتباه أكثر من غيرها : الحشرات ، والاسماك والطيور . وأدت المراقبة الدقيقة

لبعض الأنواع الى استنتاجات لم تحتاج الى إعادة النظر بها . ولكن مؤلفاً فيها ، يستدعي الاشارة الخاصة نظراً لأهميته .

التاريخ الطبيعى : بوفون - صمم بوفون وحقق ، يعاونه العديد من المساعدين مؤلفاً ريادياً : « التاريخ الطبيعى العام والخاص مع وصف لصالة الملك » وقد صدرت المجلدات الثلاثة الأولى من هذا الكتاب سنة 1749 فنالت اعجاب الجماهير بانشائها البراق وبأفكارها العامة . وأضيف الى المجلدات الست والثلاثين التي صدرت في حياة بوفون قبل 1789 والتي تعالج مواضيع الانسان ، وذوات الاربع والطيور واشباه المعادن ، ثمانية مجلدات نشرها لاسبيد Lacépède وتتناول ذوات البيوض والحيتات والاسماك والحيتانيات ، والتوابع ، وقد أعدها علماء في الطبيعة متنوعون .

كان بوفون خصماً للبنى ، فلم يعتبر التصنيف كهدف اساسي في العلوم الطبيعية : وصف أولاً الحيوانات المنزلية الأكثر مؤلفة ثم الأجناس المتوحشة مبتدئاً بالحيوانات المفيدة للانسان فأعطى لكل نوع وصفاً تفصيلاً خارجياً ، متمماً بوصف تشريحي وضعه دويتون Daubenton . وهكذا فسرت أسس علم الحيوان الحديث ، وبذات الوقت جمعت مواد علم تشريحي مقارن .

البرزويات أو واحدنيات الخلية في القرن الثامن عشر عرف لسيونوك Leeuwenhoek ظهور حيوانات ميكروسكوبية انطلاقاً من النقع ومن هنا كلمة تقييمات ادخلها ليدر مولر Leder Muller . واكتشف العديد من الانواع (ايكهورن Eichhorn 1775 ؛ سبالانزاني Spallanzani) ، في حين نشره . فريسيوس O.Fabircius دراسة مهمة للدماغري و . ف . مولر O.F.Muller حول تقييمات المياه الحلوة والتقييمات البحرية . ووصف آ . ترمبلي A.Trembley العديد من أنماط البوليب (المديخ) (فورنيل ، دردورة) ستونتور (قرد) واكتشف تكاثر الهدديات وتكون المستعمرات بالانقسام .

كولتري (مجوفات البطن) - في حين زعم ل . ف . مرسيلي L.F. Marsigli ، مؤسس المختبر البحري في كاسيس Cassis 1706 ، زعم سنة 1725 أنه بين الطبيعة النباتية والمرجان ، كان الطبيب المرسيلي ج . آ . بيسونيل J.A. Peyssonnel ، أول من أكد على طبيعتها الحيوانية 1727 . وامتدت مفاهيمه فيما بعد لتشمل كل « الأجسام الحجرية » ، عرق اللؤلؤ (مادريور) ، الميليور ، ولكن تصوراته هذه لم تعتمد مباشرة ، دون أن ترفض في جميع الأحوال .

ومن جهته عرف آ . ترمبلي الطبيعة الحيوانية هيلدرات الماء الحلوة ، وحلل بنيتها وحركتها والوسط الذي تعيش فيه ، وغذاءها وأثر النور فيها وقدرتها على التوالد ، الخ . .

الدود - واسترعى الانتباه منشأ الدود المعوي يومئذ . وكان أغلب المؤلفين يعزون تكون هذا الدود الى الانسان الذي يأويه . وكانت أولى الكتب الوصفية حول الهملمنت (دودة معوية) قد نشرها ج . ا . ي . غويز J.A.E. Goëze 1782 ، وكانت ما تزال غامضة . واخترع و . ف . مولر كلمة « بلاتير » (علقه ، دودة) وربط بهذه المجموعة الليميرينات التي كانت أول نوع منها قد وصف

سنة 1758 من قبل بورلاس Borlase .

الدورات والمكورات - ويفضل الميكروسكوب اكتشف ليونوك المكورات التي سبق أن سماها ترميلي بوليب ذات الدولابين ، والتي ناقش كُتَابُ كَثُرَ مظهر دواليها الدوارة . ووصف و . ف . مولر O.F.Muller حوالي 50 نوعاً منها .

الحزازيات وعضديات الأرجل (طوييات من أشباه الديدان) :

كانت الحزازيات قد لوحظت منذ القرن 16 ، وأشار إليها غاليري Gualtieri سنة 1742 . وتولى ج . اليس J. Elis وآ . ترميلي A. Trembley وصف أنواعها المتعددة . أما عضديات الأرجل ، وقد سميت هكذا من قبل كوفيه Cuvier سنة 1802 ، بعد أن ظلت مدة طويلة متنبسة مع الرخويات ، فقد تولى ب . س . بالاس سنة 1766 وصف أول نوع منها .

الرخويات - كان علم الصدفيات محترماً جداً . وقد سبقت دراسته دراسة الحيوان بالذات كما كانت موضوع نشرات مهمة : الصالة الجديدة لعلم الصدفيات المنهجي لمؤلفيه مارتيني وشاميتز Mar-tini et Chemnitz (11 مجلداً ، 1769-1795) ؛ صحيفة نشرها ج . س . شروتر J.S.Schroeter (12 مجلداً 1774-1781) ؛ « القاموس الموسوعي حول الرخويات » وضعه ج . ج بروغير (1789) J.G.Bruguères فضلاً عن ذلك صف ج . س . بولي G.S.Poli الرخويات سنداً لأعضائها الحركية ، في حين قدم بالاس Pallas سنة 1768 أفكاراً حول تصنيف الرخويات والحيوانات الدنيا . ونذكر أخيراً بالعمل العظيم الاستكشافي الذي قام به ريومور Réaumur في زولوجيا عديمة الفقرات البحرية وذات المياه الحلوة .

الحشرات - أعلنت بعض الكتب الاصلية التي نشرت في السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر ازدهار علم الحشرنات (الانتومولوجيا) في القرن الثامن عشر . فقد راقب فاليسيري Vallis nieri نمو مختلف الحشرات (صياد النمل ، والنمس ، وقعشبان (حشرة شبيهة بالنملة) ، وكريوسيرة « الزنبق » الخ) في حين اهتم سلوان Sloane بالحشرات الاجنبية (1707) ، كما ان كتاب « مسرح الحيوانات » لـ ج . جونستون J.Jonston افسح مجالاً لعلم « الانتومولوجيا » . وبعد ان قدم ريني انطوان فرشوت دي ريومور René Antoine Ferchault (1683-1757) مساهماته المهمة في الترموتريا أو قياس الحرارة ، وفي صناعة المستحضرات الحديدية وفي اليورسلين ، انصرف الى دراسة الحيوانات وخاصة الحشرات ، فراقبها بلذكا ملحوظ حتى أنه أسس حقاً علم العادات (ايثلوجيا) . واختار في كل نوع الاصناف التي تستحق أن تميز ، وعن طريق البحوث الدقيقة والواضحة قام بتحليل دقيق لطياتها ولسلوكتها ، مستبعداً كل لجوء الى الشهادات غير المؤثقة او الى الروايات الطريقة أو الى التصور الذي يجعل من الانسان هو المحور .

ومن سنة 1734 الى سنة 1742 نشر ريومور المجلدات الستة من كتابه « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » . وقد استكملت هذه المجلدات حديثاً بمجلدين آخرين نشرنا سنداً لمخطوطاته . ورغم

إيمانه بأهمية المنهج ، فإنه لم يحاول إقرارها ، بل وضع الهيكلية الأولى لأول تاريخ إثنولوجيا للحشرات متفحصاً غالبية الاصناف : اليرقات والفرشاشات ، القرع وشبه القرع ، والارقة وأعداؤها ، جرب النباتات وحشراتا ، مزدوجات الجناح وغشائيات الجناح (وبصورة خاصة النحل) ، الزراير .

وأنر ريومور Réaumur تأثيراً عميقاً ووجه بحوث العديد من علماء الطبيعة الذين أغزاهم هذا العلم الجديد السلوكي . وتخصص ج . آ . بازين G.A.Bazin في التشريح وفي فيزيولوجيا اليرقات . واكتشف شارل بوني Ch.Bonnet فيها اكتشاف التلقيح الذاتي لدى الأرفقات (1740) ، ودرس ب . ليوني P.Lyonet نوع حياة ، وتحويلات الحشرات في ضواحي لاهاسي (1736 إلى 1745) ، ويدل كتابه « الدراسة التشريحية لليرقة التي تأكل خشب الصنّصاف » (1760) ، على عمق ملاحظته وعلى أمانة نقله . وتابع السويدي دي جير De Geer عمل ريومور في المجلدات الـ 7 من كتابه « مذكرات في خدمة دراسة الحشرات » (1752-1778) حيث تم وصف أكثر من 1500 صنف .

نذكر أخيراً بعض التصنيفات الانثومولوجية المرضية نوعاً ما والتي قدمها ش . ج . جابلونسكي Ch.G.Jablonsky ، وج . س ، فبريسوس J.C.Fabricius ، وج . البجر J.Illiger ، ونشر أولى كتب الحيوانات الانثومولوجية الوطنية : في انكلترا والمانيا وفرنسا والسويد .

الفقرات - في القرن الـ 16 و 17 كانت الاسماك موضوع العديد من الدراسات . ولكن في بداية القرن الثامن عشر وضع السويدي ب . آرديدي P.Artdi ، الذي نشرت مخطوطاته سنة 1738 من قبل ليبي ، الاسس الحقيقية لعلم الاسماك كما وضع جدولاً تصنيفياً ما يزال مستعملاً . وهناك دراسات أخرى مهمة تعود الى هـ . ل . دو هامل مونسو ، H.L.Duhamel du Monceau ، وآ . بروسوني A.Brousset ، وم . ي . بلوخ M.E.Bloch ، وآ . ل . مونسو (1785) Al.Monro ، ولاسيبب Lacépède (التاريخ الطبيعي للاسماك ، 1798-1803) .

في حين كانت السمندلات Salamandres السقايات والضفادع بالتالي موضوع أعمال دوفي Dufay ، وروزل دي روزنهوف Roesel de Rosenhof ، قام ج . لورنتي J. Laurenti (1768) ولاسيبب Lacépède (1788) يقترحان تصنيفات جديدة للزواحف .

وقد ازدهرت دراسة الطيور نوعاً ما . وتولى الألماني ل . فريش L.Frisch وصف العديد من الطيور في أوروبا الوسطى والمانيا . وقدم ب هـ . ج موهرنغ P.H.G.Moehring (آفون جنيرا 1752) وم . ج بريسون M.J.Brisson (1760) تصنيفات جديدة ، منها « اورنيثولوجيا = مبحث علم الطيور » لهذا الأخير . وهذا المؤلف اقاد من بحوث ريومور ، ومن المواد التي جمعها منذ 1740 ومن اللوحات التي أمر بحفرها . وبعد تحويل مجموعة ريومور الى بستان الملك في باريس استخدمت أيضاً في اعداد كتاب بوفون .

وجرت محاولات تصنيف مصطنعة نوعاً ما للثدييات من قبل ج . س . شريبر J.C.Schreber ، وت . بينان T.Pennant (1771) ج . س ، ستو G.C.Stow (1780) وإتيان

جيوفروا سان هيلير Et. Geoffroy Saint-Hilaire وكوفيه Cuvier . فضلاً عن ذلك درست أفاط خاصة من الثدييات لأول مرة . ووصفت أحاديث المسلك ، والنضاض وخلديات الماء من قبل شو Schaw (1799) ، في حين كانت الجراييات موضوع عمل مشترك من قبل اتيان جيوفروا سان هيلير Et. Geoffroy Saint Hilaire (1796) . وكان الموضوع المنهجي للحوتيات والسيرينيات (حيوانات لبونة) موضوع العديد من المناقشات .

وأخيراً نشير الى الدراسة الممتازة المخصصة للقواضم من قبل ب.س. بالاس (1778) .

الانسان - حاول يوفون في «التاريخ الطبيعي للانسان» (1749) ان يثبت وحدة الانسان . وقد اعترف بأربعة أجناس : الاوربي ، والاثيوبي (الحبشي) ، والمغولي ، والاميريكي . واعتبر أن الانسان الابيض في أوروبا ، والأسود في افريقيا ، والاصفر في آسيا ، والاحمر في اميركا ، ليس إلا إنساناً واحداً لكونه المناخ . وتنتج التنوعات البشرية من تفاعل ثلاثة عوامل : المناخ ، التغذية ، وأسلوب المعيشة ، وفي حين نشر ب.س. بالاس دراسة مفصلة عن العرق المغولي ، اعتبر ف. بلوميناخ ، سنة 1775 ، الاعراق البشرية تنوعات من جنس وحيد . والاهمية التي أعطاها للجمعية جعلت منه احد طليعي علم الجماع العرقية . وفي حين اعتبر بالاس في تصنيفه (1779) ان الانسان هو فاتحة طبقة الثدييات ، اعتبر م. ج. بريسون وت. بينان ، أن الانسان يشكل طبقة على حدة .

وشبه ب. كامبر P. Camper تشريح الاوران - اوتان Orang-Outan بتشريح الانسان . واجرئ قياسات جمعية واكتشف أهمية الزاوية الوجية في مختلف الاعراق البشرية . وأخيراً ، وفي سنة 1795 ، لخص م. ف. لودويج C.F. Ludwig التاريخ الطبيعي عند الانسان ، كما ظهر في أواخر القرن 18 .

في القرن 18 ، كانت نهضة الزولوجيا (علم الحيوان) بارزة : لقد تحسنت معرفة الانواع الحيوانية في حين اخذت ترتسم توجهات جديدة ، تفتحت في القرن اللاحق .

وكان الليل الى التاريخ الطبيعي كثير الانتشار . فكان الناس معجبين بالطبيعة ، وبجمالها ، وصنعتها وفائدتها وفتت بعض الأعمال الناس بشكل خاص مثل «مشهد الطبيعة» للاباتي ن. أ. بلوش N.A. Pluche (1732) ، و«مذكرات» ريومور Réaumur ، و«التاريخ الطبيعي» لبوفون Buffon . وزيادة على قيمته الجمالية ، اعطى البعض للتاريخ الطبيعي قيمة دينية : من هؤلاء الفيلسوف ج. ج. سولزر J.G. Sulzer ، الذي كرس كتاباً لجماليات الطبيعة ، والراعي ف. ش. لسر F.C. Lesser ، مؤلف كتاب «علم الحشرات» (1735-1738) وكتاب «نستاسيو- تيولوجي» (1744) ، ومؤلفون آخرون بحثوا في التأملات الدينية حول السطور (ج. ه. زورن J.H. Zorn 1742) ، أو حول الأسماك ج. ج. أوهفلشر J.G. Ohnfalschrichter (1734) ، الخ .

الفصل الخامس :

علم النبات

في علم النبات قلما كان القرن 18 الا تطوراً للقرن السابق . فقد وجد فيه ازدهار كامل - اذا وضع التشريح جانباً ، حيث برز تعب . اكيد - للمجالات العلمية الكبرى التي رايناها تتجسد : علم التصنيف ، الفيزيولوجيا ، البيولوجيا الجنسية (= علم الاحياء) . وهي لم تنتشر فيه وتتقدم بخطوات الجابرة . وإذا كانت الاصلالة غير متوفرة في المواضيع وفي المناهج ، فإنها تنوجد في الامة المعطاة في تنفيذ هذه المناهج ، وفي الاكتشافات التي أدت اليها وربما أكثر من ذلك أيضاً في تجديد المفاهيم . إن عصر لينيز Leibniz ونيوتن Newton ليس هو بالتأكيد وراء عصر ديكارت من حيث جرأة الفكر ولكنه أكثر تعقيداً . من هنا ظهور التناقضات العميقة والخصبة حيث ظهرت إقامة أو - في حال عدم وجودها - مجرد محاولات للتعريف ببعض المفاهيم أو النظريات ذات الامة الرئيسية مثل مفاهيم النوع والوراثة والتحولية والبيولوجيا ، أو حتى الانتقاء الطبيعي أو وحدة الخلية (ش . ف . ف . وولف C.F.Wolff) .

وكان جهد هذه الحقبة هو جهد توضيحي عام فيما يتعلق بفهم الطبيعة : لقد سعى هذا الجهد الى « وضع » اسس عامة للبيولوجيا . وفي هذا العصر المحوري ازوجت الحركة الديكارتية ، سائرة بالتوازي مع ما تبقى من الحركة الذرية القديمة ، وتداخلت مع فكرة جديدة : لقد كان لينيز Leibniz مؤثراً باستمرار في كل القرن ، وبصورة خاصة بفعله . اتسمت بعض الإنشاقات مع البيولوجيا الديكارتية ، جالبة الاغتناء الحاسم وكذلك التراجع بأن واحد .

وشارك علماء النبات مشاركة ناشطة بالبحوث الكبرى في تلك الحقبة : وكان الكثيرون منهم ، البعدين بهذا الشأن عن أمثال بوفون Buffon أو أدانسون Adanson ، من رجال الدين أو من المتدينين العميقين (هالس Hales ، لينى ، آل جوميو ، بريستي ، كولوتر ، سيرنفل ، بوني Bonnet ، ومسيبييه Senebier الخ) ، ولكنهم جميعاً انقادوا طالعين وراء البحث الاجابى ، وأحياناً أبعد من كل ترو . فقد كانوا (أي علماء النبات) واثقين من العلم ، ولذا كانوا يطلبون منه أن يثبت إعانهم أو فلسفتهم ، حتى ولو على حساب التسويات التي لا حدود لها فيما يتعلق بالبيولوجيا أو بالمبادئ التي يؤمنون بها .

والمؤرخون اليوم متفقون عموماً : فالمفاهيم للشجوية اليوم ، في أشكالها الموجزة ، مثل مفاهيم الثبوتية ، وسبق التكون والحياة ، والغائية ، كانت في أغلب الأحيان ، في إطار القرن الـ 18 ، تقريبات ضرورية من الحقيقة ، كما كانت خميرة تقدم مهم . كتب هوسكين Hoskin 1961 « في معرض الكلام عن هالس : العلم هو مهنة دينية ، وفي كتاب « فيجيتابل ستاتيكس » انتباهنا مشدود دائماً نحو ما كان هالس يراه كمقصد وغاية للطبيعة .» ليمجدك كل ما خلقت من البداية الى النهاية » كتب ليفي ، ابن القس ، متوجهاً إلى الله ، ولكن كتابه ، هل يمكن أن يكون شيئاً آخر إلا قاعدة لثبوتية راسخة لا تتزعزع ؟ ...

ولانه كان مؤمناً ، وكان يعتقد بعمق بالتناسق المقرر سابقاً ، في حين أن فكرة الاصطفاء الطبيعي ليست عملياً ، حتى ذلك الحين واردة ، الأمر الذي حمل سيرنجل Sprengel على كتابة واحدة من أنقى تحف الأدب النباتي . ولانه متمسك ، مثل هالر مواطنه العظيم السويسري ، من أجل سبق التشكل ، وهو مفهوم ضروري قبل مفهوم النظرية الخلوية ، أكره لانه متمسك بهذا رفض الراعي فوشر Vaucher الخلق الفجائي في مملكة الالفليات بحيث استطاع أن يقرر وجود التناسل الجنسي لدى هذه الكائنات . وإذا كان لامارك Lamarck قد تجاوز بوفون Buffon ففان فكرة حيوية (بمعنى من المعاني) تتلائم بصورة أفضل ، في أواخر القرن الـ 18 ، من المادية الميكانيكية في محاولة لفهم الاشكال العضوية وعلاقاتها .

لا شك ان سيجيسبك Seegesbeck (1737) يغطي وجهه تجاه فكرة غزارة اللقاح بالنسبة الى عدد البويضات ولا يمكنه أن يعتقد أن مثل هذه الاباحة المشينة يمكن أن تكون من صنع الكلي القدرة (راجع ر . ش . اولبي R.C.Olby ، اصل التندلية ، نسبة الى مندل ، 1966) . ولكن المؤلفين الكبار لم يكن لديهم مثل هذا الخرج ، فلم يشكل الله بالنسبة اليهم اية عقبة . كان ليفي يؤمن بالخلق الحالي للأنواع الزائلة . وفي نظره يسمح الله للطبيعة بأن تلعب . وكان يقبل أيضاً بنظرية نصف تطورية قائمة على نوع من التخصيص في التزاوج . وهذه النظرية كذبتها بحوالي 1765 ، الاعمال النباتية التي قام بها كولروتر Kolreuter ، إضافة الى أعمال بوفون حول التهجين في الحيوانات : إن التلاقي لا يؤدي إلا الى عقب المهجنات .

ويذكر هنا ، كاسر ملفت تماماً ، مسار الافكار بالذات ، فيها هي فيه من تناقض . وعند البحث ، بقصد التصنيف من أجل وضع تعريف للنوع ، وبعد التوصل في هذا الشأن الى استخلاص فكرة التناسل كمعيار اساسي يعتبر القرن الـ 18 مرحلة ، ولكنه يحرم نفسه بذات الوقت من إمكانية فهم للعلاقات الحقيقية القائمة بين الكائنات الحية وهذا الفهم للنوع اقتضى يومئذ ، رفض التحويلية بالفعل (راي ، بوفون ، كولروتر ، بالاس ، . . . Ray, Buffon, Kolreuter, Pallas) - وضع اتخذ أيضاً أدانسون Adanson بعد 1763 . يقول كولروتر Kolreuter اي ايهام وأي غموض إذا أمكن خلق أنواع ، على الهوى والمشية ، من طريق التهجين .

وبعد راي بقرن من الزمن ، إنما بعد رفض كل التصنيفات بأنواعها حتى فكرة النوع ، ثبت

لامارك التنفيرية . والتناقض لن يحل الا مع داروين الذي عرف كيف يبعث فكري النوع والتحولية ، كما اخذ منها الاستكمالية الضرورية . ولكن فاتته التكامل في فكرة الوراثة الجزيئية التي وضعها مورتيوي Maupertuis . وطيلة القرن الـ 18 الذي كان يعتبر كبؤرة لليبولوجيا انبثقت الافكار وتصادمت ، وتكاثرات الأعمال وكذلك المشاكل تحددت ضمن الفوضى، والتناقضات ذات الاصول الكبرى . ولكن كيف يمكن ضمن هذا الابداع اللاواعي والعظيم ، إجراء مسح في ما يعود الى علماء النبات من جهة وإلى علماء الحيوان من جهة اخرى ، وحتى الى الفيزيائيين والكيميائيين عندما كانوا في أغلب الاحيان من أمثال هالس وليفي وهالمر ولامارك علماء نباتيين كاملين ، بل وأحياناً مفكرين وفلاسفة أو شعراء (هالز) ؟ .

لقد وضع القرن الـ 17 تصميماً لعلم مشترك بين النبات والحيوان . وتخصص القرن الـ 18 هذا الشأن الى درجة - مع إعطائه ، مع بوفون أبعاده الزمنية - أخذ معها الأمر بالقفل مداه وحصل على اسمه . إنه في القرن الـ 18 تكونت بنية المعرفة البيولوجية .

I - علم المنهجية

ليني والتصنيف العائد إليه - سيطر اسم السويدي شارل ليني (كارل لينناوس Carl von Linné = كارل فون ليني 1707-1778) على كل تاريخ علم النبات في القرن الـ 18 . كان والد ليني راعياً بروستنتياً ، ودرس ليني الطب في مدينة لاند أولاً ، ثم في أيسال . وكان موهوباً بعقريّة تجريديّة خالصة ومبكرة ودقيقة بشكل فريد . وقد انصرف منذ 1729 الى هوايته الناشئة هواية التاريخ الطبيعي وبصورة خاصة علم النبات . وكان وسيقى فناً وجمالاً ومتعصباً للمعرفة المجردة . وكان يرى العالم كمعطاه مدّش يتوجب تأمله ، ولكنه لا يكشف عن نفسه ، في عزمه العجيب إلا بعد بذل الوقت والانتباه : من هنا الحاجة الى تسمية الاشياء ووصفها ، ومن أجل الوصول الى ذلك لا بد من ترتيبها : من هنا الضخامة التي لا مثيل لها في هواية ليني للتصنيف . إننا نعلم أنه انطلق من سيزالينو Cesalpino ومن جون راي ومن تورنفور Tournefort وأدعى ساش Sachs وآخرون ان ليني بعقليته المدرسية لم يكن يستطيع فتح أي منظور على العلم الحديث . وهذا صحيح . ولكنه كتب ، مع ذلك ، كتاباً يبقى كأحد المعالم الأكثر وزناً في الفكر الابداعي ، الفكر الذي بقي مهياً حتى القرن الـ 19 .

لقد نشر ليني الكثير . فعدا عن كتابه الشهير « النظام الطبيعي » (1735) ، والكتب الاساسية وهي : « أساس البوتانيك » (1736) ، « طبقات النباتات » (1738) ، « الفلسفة النباتية » (1751) ، يجب أن نذكر أيضاً : « المكتبة النباتية » (1736) ، « الانتقاد النباتي » (1737) ، « طبقات النباتات » (1737) (طبعة خاصة سنة 1754) ، « هورتوس كليغورياتومس » (1738) « أنواع النباتات » (1753) ، « امونيات أكاديميكا » (1749-1769) .

قبل أن يكتب لبني مسافر كثيراً . فتمتد كان عمره خمساً وعشرين سنة مسافر الى لابوني على الحبل . وكانت رحلة لا تتسنى تركت لنا ، عدا عن قصة ، كتاباً جميلاً جداً « فلورا لابونيكا » (1737) . وبعد أن اجتاز ألمانيا ، بعد 1735 ، عاش في هولندا حيث التقى المشرع القانوني كليفورد ، وبعض كبار علماء الطبيعة أمثال : ج . ف . غرونوفوس J.F.Gronovius ، مؤلف - مع جان كلينتون J. Cloyton (1694-1773) - « فلورا فيرجينيكا » (1739, 1743-1762) ، وهرمان بورهاف Hermann Boerhaave الذي حسن الوصفات النوعية لتورنفور ورجع لبني الى السويد سنة 1738 ، ولكنه قطع انكلترا وفرنسا ، واتصل بالطبيين الأكثر شهرة : ج . د . ديلن J.D.Dillen ، وسيرهاانس سلوان Sir Hans Sloane ، والاخوين انطوان وبرنار دي جوسيو Bernard et Antoine Jussieu .

ووصل درس كامبرايروس المدهش ، حول تزاوج النباتات الى لبني Linné اشاب بواسطة مذكرة من . فايان S.Vaillant (1717) ، تلميذ تورنفور Tournefort في بستان النباتات في باريس . وتفاعل الدكتور في نفسه في الحال ، وكان نوعاً من العجبة ، بدون شك : لقد ولد النظام الجنسي . وفي كتاب « نظام الطبيعة » (1735) عرض لبني Linné مبادئ أسلوب التصنيف الذي قرر ان يعتمد عليه ، فكان هناك مجرد تصميم من حوالى عشر صفحات ، ولكنه طبع اثني عشرة طبعة متتالية كان آخرها ، في أربعة مجلدات (1766-1788) ترجم الى عدة لغات .

وارتكرت المنهجية ، المسماة النظام الجنسي ، على عدد السدات (الإيتامينات Etamines) (وحيد السداة أو الاسدية ... متعددة الاسدية) ، وعلى نسبتها الى بعضها (وحيدة الحزمة ثنائية ... متعددة الحزمات) وكذلك على غطط الجنسانية : نباتات ذات زهرات خنثوية أو وحيدة الزوج أو ثنائية أو متعددة الأزواج ، أو ذات جنسانية خفية ومجهولة . ولم يتدخل عدد البويضات الا بصورة ثانوية (وحيدة البيضة ثنائيتها ...) .

وهذا الأسلوب مصور في ترسيم مدهش ، يؤدي الى الاعتراف السهل ، 24 طبقة مقسومة الى اسلاك أو أصناف . وهو على علاته ، سلب اعجاب علماء النبات في ذلك الوقت الذين كانوا قد أنقسموا بين معجب ، مثل العديد من طلاب لبني (هاسل كيست ، تورن ، أوسيك ، لوفلن ، نبرغ ، فورسكال ، صولندر ، غليدش ، الخ ، Hasselquist, Torén, Osbeck, Loeffling ، Thunberg, Forsskal, Solander, Gleditsch) . او الى خصوم أمثال (سيجسبك ، لودوغ ، ج . س . فريسيوس ، هيستر ، سكوبولي ، وهالر J.C.Fabricius ، Siegesbeck, Ludwig, Heister, Scopoli et Haller) . كما ان هذا الأسلوب اعطى لبني Linné شهرة ضخمة أتاحت له أن يفرض اصلاً جديداً ، أكثر أهمية ، ويعوجه يتوجب على كل الكائنات الحية بعد ذلك أن تعين باسم يدل على نوعها ، وعلى صفة هو الجنس : والكل باللغة اللاتينية . وإذا كان تصنيف لبني قد ترك ، فإن جدول الاحصائي قد فرض نفسه بصورة تدريجية وما يزال معتمداً عالمياً .

فضلاً عن ذلك توصل لبني ، بفضل حرصه على تمييز الزهرة وتسميتها بالاستعانة بصفات

مانوعة منها، استطاع أن يُعني بشكل ضخم، وأن يجدد المعجمة التقنية لصناعة النبات . وهكذا اعتبر أكبر مصلح في علم تسمية الأزهار وفي الوصف .

لهذه الاسباب جميعاً ، عرف ليبي للمجد في حياته ، فأعطى لقب النبالة من قبل ملك السويد ودفن عند موته الى جانب الملوك في كاتدرائية ايسال .

كان في التصنيف السائد في القرن السابع عشر وخاصة عند تورنפור Tournefort ازدواجية نشأت عنها الحركتان الكبيرتان في القرن الثامن عشر : الحركة الاولى وبلغت ذروتها عند ليبي Linné ، والثانية عند الأخوين جوسيو Jussieu وعند أدانسون Adanson . بالنسبة الى هؤلاء الأخيرين تعتبر الطريقة او الاسلوب من فعل الطبيعة ولذا فهي وحدة وموضوعية . أما ليبي فإرها وسيلة يصنعها الانسان : إنها وسيلة تتيح معرفة وتسمية الأنواع والإجناس . وقد نجح ليبي Linné في المهمة الصعبة فوضع طريقة هي الأيسر والأوضح والأفصح التي يمكن تصورها . وهذه الطريقة أسسها على تصور لا يعطي ، خيارياً ، أي مكان للتسلسلية الطبيعية فوق مستوى النوع ، إنها طريقة مصطنعة خالصة ، وهي تمثل تراجعاً ضخماً ، ولكن في اللحظة التي تدلقت فيها من كل صوب المجموعات الجديلة ، انقلبت طريقة ليبي علم النبات من الوقوع في الإيهام . فضلاً عن ذلك لقد بينت بطلان البحث عن أنظمة مصطنعة . وقد حارب أدانسون ، وهو المتلاعب القدير للمعش بالصفات ، ليبي بدون هوادة ولكنه عرف أيضاً كيف يستفيد تماماً من درس المازق الليبي .

ومن خلال النظام الجنسي ، وبعد أن خلق بشكل خاص طبقة الكريبتوغان أو النباتات بدون أزهار ظاهرة مثل البقيات (خنثار ، طحالب ، فطر) ، قدم ليبي ، نوعاً ما نظرية حول الجنسانية النباتية معمة . لقد تجسدت فرضية الجنسانية العامة للكائنات الحية : وهي سوف تكون خصبة الى أقصى الحدود (هديغ Hedwig ، وفوشر Vaucher الخ) .

ربما كانت هي الحكمة - ما لم تكن الجنون - والعقيدة متحدتين هما اللذان صنعا الصنيع الليبي العظيم والزائل بأن واحد . ولكن ليبي كان بعيداً عن سوء الفهم ، فعرف الرسالة للمجموعة ، رسالة تورنفور : فحاول أيضاً أن يضع الطريقة الطبيعية . ومنذ 1738 (اجزاء الطريقة الطبيعية) ، ميز 65 مجموعة . وصمم (الفلسفة النباتية 1751) تصوراً عاماً للمملكة النباتية مقسومة الى ثلاث طبقات : عديم الفلقة ، وحيد الفلقة متعدد الفلقات . وكان هذا هو أساس أعمال آل جوسيو Jussieu .

برنار وآ - ل . دي جوسيو Bernard et A.L. de Jussieu ، أدانسون Adanson والتصنيف الطبيعي - تقاسم النباتيون الفرنسيون أدانسون وآل جوسيو Adanson et Les Jussieu مجد وضع الاسس لهذا التصنيف الطبيعي الذي اراد ليبي تحقيقه بنفسه .

وعائلة جوسيو التي تمثل بخمسة أشخاص مشهورين هم : انطوان ورنار وانطوان - لوران وجوزيف وأدريان Antoine-Laurent, Joseph et Adrien Bernard, Antoine ، قدمت للمعجمة أكبر الخدمات . وقد ربط برنار دي جوسيو (1777-1699) ، بصورة خاصة اسمه بهذه

المنهجية . فقد كان مساعداً للدليل في بستان الملك، وقضى هذا العالم المتواضع ذو المزاج التاملي ، ساعات طويلة صامتاً في غرفة عمله برفقة ابن أخيه انطوان لوران . وبعد أن كلفه الملك لويس الخامس عشر أن يغير بستاناً في قصر بوتي تريانون، اعتمد لأول مرة ترتيباً طبيعياً في التصنيف . ونحن قلنا نملك عنه غير ثلاث نشرات : الأولى حول الحياتيات ، والثانية حول أزهار « لنا » والثالثة والأخيرة تؤكد الطبيعة الحيوانية لزوانير التي كشفها من قريب بيسونيل Peyssonnel .

إن انطوان لوران دي جوسيو (1748-1836) هو الذي نجح مع ادانسون مبدأ التصنيف الطبيعي . وطبقه لأول مرة ، سنة 1779 ، « في فحص أسرة الحوذان Renoncules » ، وفيه يبين أنه ، رغم فوارق الشكل والبنية والتناظر التي يمكن لحظها بين أزهار مختلف أشكال هذه الأسرة ، هناك صفات مشتركة تتوافق مع روابط القرية ، وتتيح ربطها بنفس العائلة الطبيعية . وقد عرض المخطوط الكبرى لهذا التصنيف ، سنة 1789 في كتابه « جنرا بلنتاروم » : ويميز فيه 3 أقسام ، بدون لفقة بفلقة واحدة وبفلقتين . والنوعان الآخرين قسما على التوالي إلى 3 وإلى 11 لمعربة بحسب موقع الأسدية بالنسبة إلى المبيضات (وحيدة الفلقة ، وثنائية الفلقة تحت مائتية ، محيطية وعلوية) أو ، في ثنائية الفلقات وحدها ، وفقاً لسمات مأخوذة من التويج (بدون بتلة ، وحيدة البتلات متعددة البتلات ؛ تويج تحت مائتي ، محيطي أو علوي) .

وعرف جوسيو حوالي مئة عائلة ما تزال مقبولة حتى اليوم وأكثر من نصفها لم تتغير بعد ذلك . وأصبح أستاذاً في الموزيوم (المتحف) سنة 1793 فأمضى أواخر سني حياته في استكمال عمله⁽¹⁾ .

وكان أسلوب جوسيو ، ومهما كانت متأخرة المبادئ المسبقة التي ارتكز عليها لتبنيه ، فإن هذا الأسلوب أو هذه الطريقة ادخلت بعداً . فقد أضاف إلى مفهوم النوع والجنس الطبيعيين ، المقررين نهائياً من قبل ليني ، مفهوم العائلة الطبيعية (بفضل ماغنول) ، وحتى مفهوم الأقسام العليا المرتكزة على بنية الحبوب ، وهو مفهوم قلده رأي . ومن التسلسل المعروض بهذا الشكل استخرج مفهوم التقدم في التنظيم وهو مفهوم سيكون أساسياً في عمل لامارك Lamarck .

وبذات الوقت شغل البحث عن طريقة طبيعية تلميذاً لبرنار جوسيو هو ميشال ادانسون (1727-1806) إنمّا بانهاج مختلف تماماً . كان أدانسون تلميذاً لتورنفور وبوفون فشهّر بصناع الأنظمة

(1) خلف انطوان دي جوسيو Antoine de Jussieu (1758-1686) وهو الأخ البكر لبرنار ، تورنفور في بستان الملك . ونشر ما حصل عليه ب . باريلي P. Barrelier ، وكذلك العمل الفرنسي الأول حول علم التحويلات النباتية المتعلقة في بصيات النباتات الملاحظة في سان شامون . وقد اهتم أيضاً بالنباتات الأجنبية ، وخاصة بشجرة البن . وكان أخوه الذي يليه جوزيف (1779-1704) قد عاش طويلاً في أميركا الجنوبية حيث درس نباتاتها . وأخيراً أصبح ادريان دي جوسيو (1797-1853) هو حفيد السابقين ، أستاذاً مثلهم في المتحف ونشر عدة دراسات خاصة عن العائلات النباتية .

المصطنعة وعلى رأسهم ليني ، وطمع الى أن يضع النظام الكوني الوحيد اي النظام الموضوعي ، نظام الطبيعة . ويعكس جوسيو الذي كان يدعو « الى وزن والى حساب الصفات » كان ادانسون يقول إن على الطبيعة ، إذ أمكن القول أن تقدم خطتها بنفسها .

إن المصنف يجب أن يعرض عن الطريقة التجريدية ويجب بحسب رأيه أن يكتفي بالتدوين . ولكي يتوصل الى ذلك هناك وصفة وحيدة : التوجه الى كل الصفات ، ثم النظر فيها ، عند الانطلاق وكأنها ذات دلالة متساوية

ولم يصل احد بالرغبة في الموضوعية الى هذا الحد . وبهذا الاسلوب فتح ادانسون طريقة تصنيفية لم يزاوها أحد ولن تتطور الا بعد قرنين . وقبل الوصول الى هذا المفهوم ، المعروض في كتابه الشهير « عائلات النباتات » سنة 1763 ، وضع ادانسون بنفسه العديد من الانظمة : 25 نظاماً قبل أن يبلغ الـ 20 سنة ، وأثناء إقامة طويلة في السنغال (1749-1754) ، وقبل أن يغني جدول النباتات الاستوائية بهذا الشكل المسرف ، تحقق ادانسون من علم جدوى الانظمة . ومع ذلك فقد بدت ممارسة استخدام وضع هذه الانظمة ، مرحلة ضرورية ، ليس فقط على الصعيد العملي بل أيضاً ضمن إطار التطور المنهجي . وقد برر ادانسون نفسه هذه الانظمة ، وذلك بمقدار ما تتيح ، اذا اخذت مجملها ، إبراز التبعية ، وعلاقات السمات . كتب يقول : « إن مجموعها يعطي كل العلاقات الموجودة والملاحظة بين كل أقسام النباتات ، وهي علاقات تكونت منها عائلتنا الـ 58 » . والفكرة الجديدة جداً ، فكرة التصنيف الموضوعي التي سبقت الطرق الالكترونية الحديثة والتي تتعارض مع وجهات نظر جوسيو ، تنطلق من مرحلة الانظمة الشخصية الذاتية .

والواقع أن جوسيو وادانسون ، رغم اختلاف مبادئها ، قد انضبا عملياً لكي يضعوا ، في أغلب الاحيان ضد هذه المبادئ تصنيفاً قوياً مرتكزاً بأن واحد على الحس السليم وعلى معرفة عميقة بالنباتات . من هذه القاعدة انطلق آ . ب . دي كوندول A.P.de Condolle سنة 1805 ور . براون R.Brown سنة 1810 .

وعلى الصعيد النظري لم تكن أعمال جوسيو وادانسون الجميلة جداً الا فشلاً . فالؤلفان قد لمسا باليد ، وفي أعلى درجات النضج ، الثمرة الشهيرة التي شاهدها بوفون : وهي الطبيعة الجنسية أو النوعية لعلاقات التصنيف . أما هما ، من وراء الستار التصوري للتمثل الارسطي ، فلم يفهماها .

أعمال أخرى - لقد بدأ ر . ل . ديفونتين R.L.Desfontaines 1750-1833 ، وهو يتابع تصنيف تورنفور ، متأخراً عن عصره ، ولكنه بعد أن عين سنة 1786 استاذاً في بستان الملك ، أخذ يكون جدول الاعشاب الشهير في المتحف ، وذلك بسحب نسخة عن كل الكتب الخاصة ، وهو عمل ضخم ساهم في تقدم المنهجية . ودرس ديفونتين « تنظيم الوحيدة الفلقة » 1798 . ونشر «تاريخاً للأشجار وللشجيرات التي يمكن غرسها في جام الأرض من تربة فرنسا » .

وفي حين نشر ف . بواسيه دي سوفاج F.Boissier de Sauvages سنة 1751 تصنيفاً

للنباتات سندا للشكل ولترتيب الاوراق ، درس تلميذه آ . غوان A.Gouan التشابه والتفارق بين الحيوانات والنباتات ، وقدم تفسيراً لنظام ليني . وعمق وارث بروتل Brutelle منهجية النباتات الاجنبية وقدم عدة أوصاف لبعض الأنواع . وورد في الكتاب العظيم « التاريخ الطبيعي لنبته الفريز » 1766 الذي ألفه ن . دوشين N.Duchesne ووصف لاحد اوائل امثلة النقل أو التحول : فراغاريا؛ مونوفيليا ، كما نجد ملاحظات صحيحة حول تغير الأنواع .

وفي المانيا اوجد ج . غارتر J.Gartner حقاً علم الثمار وهو يدرس أكثر من 1000 ثمرة في كتابه فروكتي بوس سيميبي بوس بلستاوم 1789 – 1794 . في حين ان ج . بوس G.Bose تولى سنة 1733 الدفاع عن تورنפור ، وجهد ش . نوت C.Knaut ان يغير نظام ريفن Rivin ، الذي اعتمده لودويغ Ludwing ، في حين حاول ج . كرامر G. Kramer ان يوفق بين الطريقتين ، كما نشر غليديتش Gleditsch « نظامه النباتي » . . . (1764) الذي استخدمه آ . ل . دي جوسيو .

نشير ايضاً الى مؤلفين ممتازين : ايقونات بلستاوم ل . ش . شميدل C.Schmiedel و« النباتات المختارة » لاهرت d'Ehret . ونذكر أخيراً أن بوركهارد Burckhard بين في كتاب له الى لينينز Leibniz . ظهر سنة 1750 على يد ل . هستر L.Heister . بين قبل ليني Linné ان ترتيب الاسدية والدقة يتيح تصنيف النباتات بسهولة . في حين قام برادلي Bradley في انكلترا بدرس النباتات الذهنية ، كما درس اليس Ellis النباتات الأجنبية . وفي النمسا درس ن . كراتز N.Crantz وج . شريبر J.Schréber وس . ميلر S.Miller ، دراسة تفصيلية عدة عائلات نباتية والعديد من أنماط الزهور . واهتم الهولندي آ . فون رون وج . دي وشندورف A.Van Royen et J.de Wachendorff بالطرق التصنيفية . وبدت السويد بفضل ليني وتلاميذه العديدين – وبصورة خاصة ب . ارتيدي P.Arteidi الذي صنف الصيوانيات من أطواقها – وكأنها موطن المنهجية .

أما علم النبات السويسري ، الذي سيطرت عليه شخصية البير فون هالر Albert Von Haller ، فقد عرف ممثلين عظاماً من أمثال ج . شوزر J. Scheuchzer مؤلف أول كتاب عن علم النبات الأحفوري (هريايون دي فيانون) (1734) ، وج . كونيج J.Konig وج . جسر J.Gesner الخ . في إيطاليا في حين كان ب . ميشلي P.Micheli يدرس عصبية النجيليات ، كان سكوبولي Scopoli في كتابه فلورا كاريوليكا 1772 يدرس التغيرات الطارئة على النباتات التي تعيش في وسط المغاور . وانتشر حب البرتانيك في اسبانيا بفضل ش . غومزاورتيجا Gomez Ortega والاباتي كافانيل Cavanilles مؤسس حوليات التاريخ الطبيعي ، والذي اهتم جداً بإحصاء النباتات وتعدادها .

النباتات – تمت دراسة نباتات مختلف البلدان الأوروبية بشكل ضخم . في فرنسا درست نباتات منطقة باريس من قبل ج . غتار J.Guettard الذي نشر سنة 1747 كتاباً بعنوان « ملاحظات حول نباتات » منطقة ايستونب وارليان ، وكذلك ب . بوليار P.Bulliard الذي نشر عدا عن كتابه نباتات باريس 1774 كتاباً عن اعشاب فرنسا وكتاب « تاريخ النباتات المشبوهة والسامة » 1794 .

والعديد من الكتب الاخرى خصصت لنباتات الاقاليم المختلفة : نانت (Bonami) ، لوران (ماركت بوشوز Marquet Buchoz) ، لوفرنيا (ديلاوير Delarbre) ، اليرنيه (الاباتي پوري Pourret) ، الدوفني (فيلار Villars) ، مونبليه (غوان Gouan) الخ .

ونشر العديد من كاتالوجات النباتات الوطنية ، في انكلترا من قبل ج . هيل وج . ادوار وج ، سميت و . و . هدمون J.E.Smith, W. Hudson, J. Edwards, J. Hill ، الخ . في حين درست نباتات بلجيكا من قبل غورتر Gorter ونيكر Necker ونباتات المانيا كانت موضوع دراسات احادية اقليمية : بروسيا ، مناطق ليبزيغ Leipzig ، وفرانكفورت وينا Iéna وشوتغارت Stuttgart ، وبافير Bavière ، وورتمبرغ Wurtemberg ، وهارز Harz ، ودوقية باد الكبرى Bade ، الخ . . . بعض الدراسات الشاملة ، مثل دراسة كل من ج . هوفمان G. Hoffmann ، ويوركهوسن وج . روهر Borkhausen, G. Rohr . وبخلال القرن 18 ظهرت أيضاً دراسات نباتية أخرى عديدة وطنية أو محلية : النمسا (جاكان Jacquin) ، بوهيميا ، دانمارك (اودر Oeder) ، السويد (او . سوارتز O. Swartz) ، لايني (ليني Linné) ، النرويج (غونر Gunner) ، فاهل (Vahl) ؛ ايسلندا وغرونلاند ، وبولونيا (جيبليست Gilibert) ، روسيا (ب . ديشيزو ، بوكسيم ، جلين P.Deschizeaux, Buxbaum, Gmelin الخ) ؛ سويسرا (آ . فون . هالر ، شوزر، ه . ب . دي سوسور A. Von Haller, Scheuchzer, H.B. de Saussure الخ) ، الخ ؛ ايطاليا (سكوبولي ، ب . ميشلي الخ) اسبانيا (كافانيل ، كري ، مارتينز وغرمز أورتيغا Cavanil- Brotero de Avelar) ، البرتغال (بروتيرو دي أفييلار les, Quer y Martinez et Gomer Ortega) .

وهكذا ، وعلى موازاة استغلال الاراضي البعيدة ، تتابع العمل الدقيق في جرد النباتات في المناطق الاوربية ، الامر الذي أتاح اغناء علم النباتات بالعديد من التقديرات الاصلية

كريتوغامي (علم الازهاريات) - أخذ هذا العلم ، الذي بقي حتى ذلك الحين مجهولاً ، يتقدم نوعاً ما ، كما تدل على ذلك كتب النباتات في ذلك العصر ، ودرست نبات « الفوجير » من قبل و . سوارتز ، وج . بولتن ، وهديغ ، وجلين O. Swartz, J. Bolton, Hedwig, Gmelin الخ . أما «الطحالب» فقد راقها «الكريتوغامي» الكبير ج . ديلن J. Dillen (دلينوس) (1747-1687) الذي ميز ، وهو الأول في هذا ، الأنواع : بريم ، هيتوم ، سفاغوم ، ووصف ، عدة مئات من الطحالب ومن الألفاظ الجديدة . وحورب هدويغ Hedwig من قبل ليني الذي حسب كبسولات (= علبات) «الطحالب» كمأبر مملوءة بغبار الطلع ، ولكن الأول وسع معرفتنا بالبريوفيت بواسطة كتابه « فوندا ماتورم هيستوريا . . » (1787-1797) . نذكر أيضاً أعمال نيكر Necker ، وبوكسيم Buxbaum ، الخ .

أما «الطحلب» البحري في الادرياتيك فقد درس من قبل ف . دوناتي V. Donati ؛ ودرس « الفوسس » من قبل س . جلين S. Gmelin ، وريومور Réaumur الذي حاول ان يعثر فيها على

اعضاء تناسلية ، شبيهة بأعضاء النباتات العليا ومن قبل أليس Ellis ، الذي اهتم «بالمرجانيات».

ونشر ش . برسون C.Persoon أعمالاً أساسية حول «المورفولوجيا» (علم التشكل) وتصنيف الفطور ، وكذلك ب . بوليارد P. Bulliard (1752-1793) ونذكر له «أعشاب فرنسا» وبخاصة «تاريخ الفطور في فرنسا» المزين بلوحات جميلة ، ويصف أعضاء للتناسل والتوزيع في هذه النباتات . نشير أيضاً إلى كتاب ج بوليت J. Paulet (1775) ويبحث غلديتش Gleditsch حول الحياة الجنسية عند الفطور .

وكانت «الليشن» (خزاز = نبات يعلو الصخور) موضوع دراسات أساسية من قبل السويدي ي . اشاريوس E. Acharius (1757-1819) . وقد قُسم أنواع الليشن Lichen إلى 40 فرعاً ، ووزع عدد الأصناف المعروفة يومئذٍ فبلغت أكثر من 800 - نشير أيضاً إلى ظهور كتب كبيرة عمومية حول الكريتوغامي ، يعود الفضل فيها إلى ميشلي Micheli ، وهوفمان Hoffmann ، وديكنسون Dickson ، وكولروتر Kolreuter . وقد وسع هذا الأخير «النظام الجنسي» فاشمله أنواع «الكريتوغام» (النباتات اللازهرية) .

II - أناتوميا وفيزيولوجيا النباتات

التشريح النباتي (آناتوميا) Anatomie - رغم الدرس الجيد الذي لقيه الاناتوميا في ألمانيا فإنها لم تقدم كما تقدمت في القرن الماضي . في حوالي 1720 عرض الفيلسوف الألماني ش فون وولف Ch.Von Wolf الأفكار النظرية حول بنية النباتات ، في حين عرض ك . ف . وولف المعلومات الأولى عن نشوء الأعضاء في كتابه «نظرية الخلق» . وقارن أنسجة النبتة الصغيرة ، بتجاويف عجينة الخبز المتخمرة ، وعلم أن الجذع يتألف من استطالة أنسجة الأوراق ، وإن القسطع الزهرية ليست إلا أوراقاً معدلة . وقد تمت العودة إلى هذه الأفكار التي مرت غير منظورة يومئذٍ ، بعد 50 سنة ، من قبل غوته Goethe ثم من قبل ميربل Mirbel . ودرس هدوينغ Hedwig تزيين الأوعية في الخشب ؛ ودرس دوهامل منسون Duhamel du Monceau بنية الخشب وتشريح الاجاصة ؛ ودرس ر . برادلي R. Bradley بنية النباتات الزيتية ودرس هـ.ب . سوسور H.B.de Saussure بنية المسام ولاحظ ج.هـ.د . مولدن هور J.H.D.Moldenhawer ، النباتات المحلبة الخ .

الأعمال الأولى حول الاختصاص - في القرن الماضي بين كاميراريوس Camerarius أن النباتات ، كانت كالحیوانات مزودة بأعضاء اختصاصية ، وإن الاختصاص ضروري حتى تستطيع البذر أن تنمو . وهذا المفهوم ، رغم منطقيته ووضوحه ، قسم علماء النبات في القرن الثامن عشر . وكان خصوم الجسسانية عند النباتات هم الأكثر عدداً في بادئ الأمر ، وفي بعض الأحيان الأكثر شهرة ، فهم قد ضموا تورنفور Tournefort وكرامر Kramer الذي عالج نظرية الجسسانية عند النباتات بأنها غير لائقة ووقحة وكافرة) ، كما ضمت بونتديرا Pontedera وسبالانزاني

Spallanzani ، الذي حقق مع ف. مولر F.Moeller تجارب مفيدة ولكن صعبة حول انخصاب زهرات الحبق وزهرات الكتان والسبانخ ، دون أن يعرف كيف يفسر هذه التجارب بشكل صحيح .

وإذا كان كما يقال (روبرتز Roberts ، 1765) كاميراريوس Camerarius وكولروتر Kolreuter يمثلان التاريخيين الكبارين في تاريخ علم الوراثة قبل 1766 ، فمن غير المحق مع ذلك عدم إفساح المجال في هذا التاريخ ، وبشكل واسع لأسم لبني .

إن مساهمة لبني في هذا المجال لم تكن إلا غير مباشرة . فقد تحمس لفكرة الجنسية النباتية وأسس عليها أشهر نظام تصنيفي ، ثم جاء بعد لينيز يفتح الطريق للانتسابات . ولكنه بشكل خاص أطلق فكرة النظريتين : نظرية خلق الأجناس عن طريق التهجين ، ونظرية التناسل الجنسي المعمم . وبذات الوقت نشر الفيلسوف المادي لامتري La Mettrie كتاب « الإنسان النبات » (1748) ، وهو كتاب تضمن توسيعاً لفكرة تماثل الوظائف الكبرى كالغذاء والتنفس والتوالد بين الحيوان وأكثر النباتات كملاً .

وقبل لبني كان هناك بغض الأعمال التي تتناول التهجين أو الجنسية وكلاهما يعزيان إلى ت . فرشيلد Th. Fairchild حول « ذوات العيون » وإلى ريشارد برادلي Richard Bradley (1718) ، وإلى ب . ميلر P. Miller (1731) . وتابعت هذه الأعمال ببطء : على يد جامس لوغان James Logan (1739) ، وج . ج . غليديتش J.G.Gleditsch (1749) . فضلاً عن ذلك يجب أن نذكر بحوث ش . ج . جيوفروا G.J.Geoffroy الذي نشر سنة 1711 ، كتاب اسمه « مذكرة حول بنية وحول استخدام مختلف أقسام الأزهار » حيث ظهرت الأنماط المتنوعة لحبيبات الطلع . ونذكر أن الألماني غليشن Gleichen (روسورم) لاحظ لأول مرة ، في نبتة اسكليبييا أنبوب اللقاح .

ومع النصف الثاني من القرن جاءت الكتب الكبرى مقترنة بأسماء : ج . ج . كولروتر J.G.Kolreuter (1761-1766) وك . ك . سبرنغل C.K.Sprengel (1793) كان كولروتر مؤسس علم التهجين بمعنى من المعاني مؤسس التوليد (وهو بشكل خاص صاحب فكرة « قوة الهجاء ») ، وفرض الإعجاب بقوة كتابه (500 تهجين مختلف تناول 138 نوعاً ؛ ودراسة حبوب الطلع في 1000 صنف) وكذلك بنوعيته . ومع ، ولأول مرة حصلت تهجينات بعدد كبير ووصفت بدقة : تهجينات الجيل الأول والجيل الثاني (وهي الأنماط الثلاثة التي وضع مندل نسباتها العددية والتي كانت معروفة) ، ثم التلاقي المتتهجر . ونحن مدينون لهذا المحرّب برفض مونتق ومقنع لنظرية سبق التشكل (فقد بدت له هذه النظرية غير متلائمة مع : أولاً الصفة الوسيطة في المهجنات ؛ ثانياً مع عمليات التلاقي المتعكس ؛ ثالثاً مع « التناقل » ، أي ما نسميه الارتداد بالتهجين الاستبطاني) ولكن إحدى النتائج الأكثر طروءاً ، والأكثر إزعاجاً في بحوث كولروتر هي تقويته المتقدمة بدهومة الأنواع . كان كولروتر تقياً جداً فظن أنه يستطيع مخالفة لبني وتبيين أن استحداث نوع جديد لا يمكن أن ينتج عن التهجين

وفي أواخر القرن 18 ، في سنة 1793 حدث أمر مهم وبشكل علني بارز ، ذلك هو حدث

البيولوجيا النباتية أو التشريح النباتي . في هذه السنة نشر ك . سيرنغل الكتاب الذي جعله شهيراً « داس اتدكني . . . » (أو سر الطبيعة المعلن) وفيه بين أن أغلب الأزهار الخنثى لا تنحصر بفعل لقاحها لأن أعضائها الجنسية ليست ناضجة بذات الوقت (ثنائية الأعراس) وقد بين بنفسه أيضاً الدور المهم ، وغير المعروف حتى ذلك الحين ، دور الحشرات في التلقيح وبين كيف أن الأزهار تجلب هذه الحشرات بلوتها وعبيرها أو لقاحها . ووصف العلاقات القائمة بين الشكل وبين هوى الحشرات وترتيب الكؤوس والابر في مختلف أنواع الأزهار . وبين أيضاً ولفت النظر الى غزارة والى خفة حبيبات الطلع في الأزهار المخصبة بالهواء . وقد نور عمل سيرنغل تماماً فهمننا للبنيات الازهارية كما شرح العديد من المسائل التي تطرحها هذه البنيات . وقد رجع إليه داروين كثيراً .

وأورد ج . ت . نيدهام J.T.Needham في كتابه « اكتشافات ميكروسكوبية جديدة (1745) العديد من الملاحظات حول حبيبات اللقاح التي رأها تنفجر في الماء فتتشر بحسب رأيه النطف التي لا يمكنها أن تنمو الا فوق البيض . نذكر أخيراً البحوث الشهيرة للطبيب الايطالي آ . فاليزيناري . حول التخصيب العجيب ، فوق سطح الماء ، لنبته مائية كانت قد أهدت اليه ، كما نشر الى بحوث Wallerius حول التخصيب الاصطناعي (1752) .

ستيفن هالس Stephen Hales : ودورة النسغ - استلقت قضايا ثلاث كبيرة أيضاً انتباه العلماء في تلك المرحلة : دورة النسغ ، المبادلات الغازية وحركات النباتات .

وقد درس دوران النسغ من قبل اليسوعي الفرنسي ن . سربات N.Sarrabat (1698-1737) الذي ، من اجل تتبع حركة النسغ في الاوعية ، غرس طرف اغصان في محلول ملون طبيعي باللون الاحمر ، امهر فيتولاكا ، فحقق بالتالي احد أولى الامثلة في التلوين الحي . وقد شاهد ان ارتفاع النسغ يتم فقط عبر الاوعية . ولكن الى ستيفن هالس (1677-1761) بصورة خاصة يعود الفضل في البحوث الاولى حول تصاعد النسغ . وقد أجرى هذه البحوث رغبة في تفسيرها فقط بأسباب فيزيائية . وفي كتابه (نجتابل ستاتيكس 1727) وصف أكثر من 140 تجربة مخصصة لتبين تأثير الحرارة الشمسية على صعود النسغ . وقاس بصورة مقارنة كميات الماء التي امتصتها الجذور والكميات التي بخرتها الأوراق . وقارن صعود النسغ وصعود المياه في الاوعية الشعرية . وكان لهذا العمل صدق هائل وسرعان ما ترجم الى عدة لغات ، وبخاصة الى الفرنسية من قبل بوفون (1735) . واستعتمدت نتائجه واستكملت من قبل غيتارد Guettard في كتابه « مذكرة - حول عرق النباتات غير المحسوس » .

وبنفس الحقبة حاول شارل بوني Charles Bonnet في « بحوث حول استعمال الأوراق » (1754) ان يبين بشكل خاص دور هذه الأوراق في امتصاص المياه ، وذلك بواسطة تجارب لم تكن مع الاسف دائماً مقنعة . وميز دوهامل مونسو Duhamel du Monceau بين « التبخر المحسوس » في حالة خروج الماء بشكل سائل ، والتبخر غير المحسوس عندما يحصل بحالة ابخرة . ولم يجرؤ ، ولا بوني أيضاً على التأكيد بوجود نسغ نازل وصاعد . إلا أن فان مارون Van Marun ، مثل العديد من العلماء في تلك الحقبة ، استمر يشبه دوران النسغ بدوران الدم . كما شبه ج . بازين G.Bazin اوعية

النباتات مثل الشرايين في النباتات .

تبادل الغازات - في أواخر القرن 18 ظهرت أولى الاعمال حول المبادلات الغازية بين النباتات والفضاء وذلك بفضل التقدم الرئيسي الذي احرزه لافوازيه في دراسة الوظائف الكيميائية وفي تركيب الهواء . وتدل اوراق الكيميائي إنه اكتشف أن النباتات تأخذ من الهواء ومن الماء ، ومن المملكة شبه المعدنية المواد الضرورية لتركيبها ، في حين أن التخمر والاهتراء والاشتعال تعيد الى الفضاء العناصر التي اخلت منه . واكتشف ج . برستلي ، من جهته ، سنة 1771 بأن النباتات الخضراء لها خاصية انعاش ، في الضوء ، الماء الفاسد بفعل الهواء الثابت الصادر عن تنفسها في الظلام . ومن جهة أخرى اظهر نسبة الهواء غير القابل للتنفس (الهواء الذي يحيم من مادة الحياة) في الفضاء .

ويعود الفضل الى الهولندي جان انجنهوس Jean Ingenhousz في اكتشاف التمثل الخضري . وفي كتابه : « تجارب حول النباتات » 1779 بين هذا العالم بأن النباتات الخضراء تفرز الاوكسجين في النهار أثناء الضوء وتفرز كربونيك في الليل أثناء الظلام .

وتبين ان هاتين الظاهرتين المختلفتين متعلقان فقط بالاضاءة . فضلاً عن ذلك ، ويعد الارتكاز على بحوث لافوازيه استطاع أن يبين أن النباتات تستمد كل الكاربون اللازم لها من الغاز كاربونيك الفضائي (1798) .

ونوقشت هذه النتائج من قبل جان سنييه J.Senebier الذي بين « مذكرات فيزيكو شيميك حول تأثير الضوء الشمسي » (1782) وفي عدة أعمال لاحقة (1783-1784) ان الاسيد كاربونيك ، لم يكن مستمداً من الفضاء فقط ، بل أيضاً من الماء ، بحالة الذوبان ، وأنه تختصه بالشالي الجذور ، فيصل الى الاوراق حيث يتم تفكيكه بتأثير الشمس ، فيتححر قسم منه في الفضاء ، وقسم آخر ، ثابت ، يستخدم لصنع مواد مكرنة تلاحظ في النباتات .

هذه الافكار ، التي وردت موسعة في « فيزيولوجيا النباتات » (1800) اكملها تيودور موسور Théodore de Saussure كما سنراها في المجلد التالي .

من الناحية المنطقية ، كان من المفترض أن تؤدي هذه النتائج الى تقدم كبير بمعارفنا حول تغذية النباتات . في هذه الأثناء استمر بازان في تشبيه عتق النباتات بمعدة الحيوانات . وكان ب . سرابات P.Sarrabat يؤمن ان الالياف الخيطية Ligneuses المجتمعة في هذه النقطة « كان تختص العصاره الموجودة فتعطيها شكلاً ثانياً شبيهاً نوعاً ما بالشكل الذي يأخذه الغذاء في المعدة » . فضلاً عن ذلك أن الكيمياء النباتية لم تكن إلا في بداياتها . وعلى كل نذكر « في الكيمياء النباتية » 1786 لـ ش . ريش C.Riche وخاصة « الرسائل الفلسفية حول تكون الأملاح والبلورات » (1729) لـ ب . بورغي L.Bourguet ، وكذلك أعمال فالريوس Wallerius مؤسس الكيمياء الزراعية . حركات النباتات - درس الفيزيولوجيون أيضاً حركات النباتات ، وخاصة حركات الاوراق والازهار . وغرس لينني في اويسال « ساعة نباتية » مشكلة من ازهار تنفتح وتغلق في مختلف ساعات

اليوم ، وكرس عملين لـ « سومنوس بلانتاروم » ولـ « كالاندروم فلورا » . وبين سنييه ان الاعضاء قد تقلب أوقات اليقظة والنوم عند أوراق القرنيات . ودرس دوهامل دي مونسو حركة أوراق شجرة « المستحية الحساسة » ، ودرس ج . ف جلين حركات الـ « هيديساروم » . ودرس دالـ كوفولو Dal Covolo ، أسدية البربريسيات ؛ ودرس ادانسون ، حركات الطحلب « الخزاز » الخ .

فضلاً عن ذلك ، درس ب ويليمه P.Willemet سلوك النباتات المصفرة ، ودرس ج . استروك تقويم النباتات المنحنية ؛ وستاركن ، الأعشاب العشاقية « المعريشة » ؛ ودرس بوفون ودوهامل دومونسو ، قوة تكسر الخشب ، وترطبه Imbibition ، في حين نشر كورتى عملاً ملحوظاً حول حركة السيتوبلازم داخل خلايا « الشار» فاكشف بالتالي الدورانية . ودرس الاباتي برتولون Bertholon وهو الأول ، مفعول الكهرباء على النباتات (1783) .

الكتب العامة - ونشرت كتب عديدة جداً حول علم النبات في القرن 18 . نذكر أولاً « محاولات أولية حول علم النبات » (1771) و« رسائل حول علم النباتات » (1793-1795) لـ ج . ج . روسو J.J.Rousseau التي أثارت تغييراً كبيراً في الرأي العام تجاه « العلم المحجب » ؛ و« البيانات الأولية في علم النبات » لـ كلاري دي لاتورت حولها جيلبرت Gilibert وروزيه Rozier ، الى موسوعة حققة مزينة بالعديد من اللوحات (1788) . زيادة على « المتسا بوتانيكا » لنيكر Necker ، و« القاموس الاولي في البوتانيكا » لـ بوليارد Bulliard ، و« نظريات فيزيولوجية حول التنظيم النباتي والحيوان » لـ « ميتيري Métherie » و« بيبليوتيكا بوتانيكا » لـ « سينييه Séguier » ، ونذكر « القاموس » و« درس البوتانيكا » للراهب البندكتي N . Jolyclerc . ومن بين العديد من الدراسات التي صدرت في ألمانيا ، نذكر الى الرسومات المدهشة للنباتات والحشرات لـ م . مريان M.Merian في « كتاب النباتات الجديد » . وفي أنكلترا نشر بريان ، وبولتني وهيل Bryant, Pul-teney et Hill « النظام النباتي » في 13 مجلداً مزينة بأكثر من ألف لوحة وفي سويسرا أسس ج . رومر J.Roemer « ماغزين فور دي بوتانيكا » (1787-1791) ، خلفتها فيما بعد « نيوز ماغازين » بعد 1794 .

III - علم النبات التطبيقي

اغرونوميا - رغم أن علم الزراعة (اغرونوميا) هو خارج نطاق موضوعنا ، يتوجب ان نذكر العديد من الكتب المهمة لـ : هنري لويس دوهامل دو مونسو Henri-Luis (1782-1700) Duhamel du Monceau ، الذي يعتبر كتابه « فيزياء الاشجار » (1758) ، معالجة حققة للتشريح وللفيزيولوجيا النباتيين ، وكتاب آ . توين A. Thouin (1824-1747) «رُما تبعاً ناظر البساتنة في بستان الملك واستاذ الزراعة في الميزيوم . نذكر أخيراً أن بارماتيه ادخل زراعة البطاطا الى فرنسا ، بعد أن توصل الى جعل لويس 16 يظهر في البلاط وهو يعمل زهرة هذه البتة في عروته .

علم النبات الطبي - وجدت بحوث استعمال النباتات في الطب حداً لها في ضعف درجة تقدم الكيمياء . في فرنسا ، لم تنشر « محاضرات في المادة الطبية » لـ آ . دي جوسيو A.de Jussieu الا في سنة 1722 ، وكتاب شومل Chomel لم يظهر إلا بعد وفاته سنة 1761 . نذكر أيضاً « النباتي الفرنسي » (1767) لـ ج . باربو دو بورج J.Barbeau du Bourg ، ومحاضرات ي . ف جيوفروا ، المستكملة من قبل ب . دي جوسيو ، ودراسة آ . غوان A.Gouan ودراسة جيلبرت ، وكذلك مجموعة النباتات الاستعمالية لـ غوتييه داغوتي Gautier d'Agoty . وفي ألمانيا نشرت مؤلفات كثيرة في الكيمياء الطبية ، منها مؤلفات ف . كارتوزر F.Cartheuser الذي حاول أن يصنف ، ضمن 6 فئات « العناصر الأساسية التي يمكن استخراجها من النباتات » ثم « يقونات بلانتاروم مديسينالوم » لـ بلنك Plenk وزورن Zorn . وكذلك كان الحال في انكلترا وهولندا وإيطاليا وأخيراً في السويد حيث نشر ليني ، سنة 1749 « ماتريا مديكا ري نو فجنابلي » .

البساتين النباتية - ظلت « بساتين النبات » تلعب دوراً مهماً جداً . فقد أتاحت تزيين العديد من الأعمال المفيدة جد بالنسبة الى تقدم البستنة ، مثلاً ووصف النباتات الجديدة المعروفة قليلاً والمفروسة في بستان ج . م . سلس J.M.Cels ، لـ ب . فانتيان P. Ventenat و« بستان ماليزون » كتاب رائع وضع بايعاز من الامبراطورة جوزفين سنة 1803 .

وعدا عن كتالوغ لبستان خاص نشر من قبل ب هاريسونت P.Hérissant (1771) وه كتالوغ بستان الصيدالة ، ظهرت لوائح عديدة نباتات زرعت في بساتين الأرياف . كما ألفت نباتات اجنبية عديدة في بساتين البحرية الفرنسية في تولون وفي بrest . وقد ضم مشتل روول Roule ، الذي أسس سنة 1669 أكثر من 50 ألف نبتة جمعها علماء النبات الرحالون ، بحيث تم تعريف الجمهور بعدد كبير من النباتات الاجنبية .

وفي انكلترا تم في سنة 1759 تأسيس البستان الشهير بستان كيو Kew حيث نجح و . ايتون W.Aiton في غرس نباتات لم يكن بالامكان حتى ذلك الحين إغماؤها في أوروبا . وبمساعدة من سولندر ودريندر Solander et Dryander ، أخرج منها سنة 1789 كتالوغاً أكثر كمالاً من كتالوغ سيرجون هيل John Hill الذي سبق نشره . ونشر ب . ميلر P.Miller كتالوغا لبستان الصيدالة في شلسي . ومعجماً للنباتين حسن التزيين بالصور .

وفي ألمانيا عدا عن كتالوغ بساتين نباتات التلورف ، وفركفورت وغوتنجن ، الخ نذكر كتب س . كرزن S.Kerner وهو ملون باليد تلويحاً رائعاً . واستعملت عقيرة د . اهرت D.Ehret ، وهو رسام رائع للنباتات المفروسة ، من قبل ليني ليصور رسوم « هوسلوس كليفور تيانوس » ، كما استعملت من قبل ب . جوسيو B.de Jussieu لتمثيل نباتات بستان الملك ، ومن قبل ترو وفوجل Trew et Vogel من أجل « بلانتا سلكتا » (1760-1750) الخ .

وفي النمسا نشر ج . جاكين J.Jacquain عدة كتب مزينة بالرسوم الرائعة حول بساتين - فينا .

وفي هولندا ساعد هـ . بورهاف H.Boerhaave في نشر الميل الى المنشورات الجميلة الغنية بالصورة : وفي السويد نشر ليني Linné كتالوغ بستان نباتات أبسال Upsal ، في حين استمرت في إيطاليا كتالوغات البساتين تنشر بأعداد كبيرة وخاصة كتالوغات بيزا وفلورنسا وبادو وبولونيا ، الخ .

وأسس أول بستان نباتي أميركي في سنة 1784 من قبل م . ج . جان دي كريف كور M.G.Jean de Crèvecoeur ، قنصل فرنسا في نيويورك وفي سنة 1786 أسس آ . ميشو A. Michaux بستانين الأول قرب نيويورك والثاني في كارولينا الجنوبية .

وأرسل قسم من البذور المتوفرة إلى باريس ، ووذعت بين بستان الملك والمشاتل الأخرى في الجوار .

IV - النباتات الجديدة على أوروبا

الاكتشافات النباتية - إن دراسة النباتات الأجنبية تقدمت تقدماً كبيراً في القرن الثامن عشر وخاصة في فرنسا ، حيث حصل البحارة ورجال الدين ، بدعم من طبيب لويس الخامس عشر ، ل . ج . مونييه L.G.Le Monnier بمبالغ مهمة أتاحت لهم سبر البلدان البعيدة .

واستقبلت أمريكا الشمالية زيارة م . سارازان M.Sarrazin الذي نزل في سنة 1685 في كندا حيث أقام 45 سنة - حيث اكتشف فيها نبتة سارامانيا التي قدمها إليه تورنفور Tournefort - ثم ب . شارل فوا P.Charlevoix الذي نشر ، سنة 1744 «وصفاً للنباتات الرئيسية في أمريكا الاعتدالية (إعتدال الربيع : الخريف)» ولكن آل ميشو Michaux هم الذين عرفوا بنباتات أمريكا الشمالية . فقد أقام اندري ميشو (1746-1803) فيها من سنة 1785 إلى سنة 1796 ، مكتشفاً كارولينا وفلوريدا وبنسلفانيا وميري لاند وكندا ونشر «تاريخ السنديان» (1801) ثم «فلورا بورديال أميريكانا» ، وقد زينا ردوتي الذي وصف 1700 نبتة منها 40 نوعاً جديداً . وابنه فرنسوا اندري François-André ، الذي رافقه من سنة 1785 إلى 1790 عاد إلى أمريكا سنة 1801 ، ثم من 1806 إلى 1809 . ونشر وصفاً لرحلة وعدة كتب حول اشجار أمريكا .

أما الكشف الانكليزي مارك كاتسي Mark Catesby فقد زار بين 1712 إلى 1719 ، كارولينا وفرجينيا وفلوريدا وجزر البهاما ونشر دراسة حول التاريخ الطبيعي لكارولينا . ونشر أخو العالم النباتي شيرارد Sherard ، سنة 1767 ، كتابه «هورتو بريتانو أميركانو» متضمناً وصف 85 شجرة من أمريكا يمكن أن تنزرع في انكلترا . وحصل ج . كلينتون J.Clayton من فرجينيا على مجموعة مهمة من النباتات التي وصفها ف . غرونوفوس F. Gronovius (1743) . وصحب ب . براون P.Browne وصفات عدة أنواع من ب . بلوميه P.Plumier ووضع صفات جديدة . وشهد آخر القرن الثامن عشر صدور كتب أخرى مخصصة للботانيك في أمريكا الشمالية وخاصة كتب و . هووستن

W. Houston ، وت . ولتر Th. Walter وس . برتون S. Barton وميديكوس Medicus .

ودرس نباتات أميركا الجنوبية من قبل ب . فويه P.Feuillée (1732-1660) الذي اكتشف نباتات الأنتيل وشاطئ كاركاس ، من سنة 1703 الى 1706 ؛ ثم مع المهندس فريزيه Frézier ، درس نباتات الشيلي Chili والبيرو Pérou . وأشارت دراسته الى النباتات الطبية في الشيلي وفي البيرو الى عدة نباتات جديدة مثل الفكسية . ومن جهته نشر فريزيه سنة 1716 كتابه « رحلة الى بحار الجنوب » . وقام بالكشف على أخطار اسبانيا الاميركية الجنوبية ج . دومبي J. Dombey (1794-1742) مكلفاً بمهمة علمية من قبل تورغو ، وقد اصطدم بعداء السلطات الاسبانية التي صادرت قسماً من عاصميه . وقد سجن في مونت سرات حيث توفي سنة 1794 . وتضمن بياته النباتي 1500 نبتة (منها أكثر من 60 نبتة جديدة) وأوصل ، رغم ذلك الى متحف باريس . وكان علماء النبات الأسبان ، ورويزوفون Ruiz et pavon اللذان رافقه في رحلته الأولى قد نشرنا كتاباً عن نباتات البيرو والتشيلي في اربع مجلدات (1798-1802) ، وفيه استعملا تصنيفاً مختلفاً .

وقد درست نباتات أميركا الجنوبية أيضاً من قبل جوزيف جوسيو Joseph de Jussieu الذي ذهب سنة 1735 مع بعثة الكوندامين وأقام في البيرو لمدة 35 سنة . وقد بيع المتحف الرائع الاجنبي الذي شكله الصيدلي الانكليزي بتيفر الى سلوان Sloane وأودع في المتحف البريطاني . وزيادة على كاتالوغ هذه المجموعة (عشرة فروع ، 1692-1703) نشر بتيفر كتاباً بعنوان « غازوفيلاسيوم » وفيه وصف القرنبيات في أميركا ونشر كتاباً عن نباتات البيرو . وفي أواخر القرن الثامن عشر نشر السويدي وسوارتز O.Swartz والنرويجي آ . فاهل A.Vahel والاسباني ج . س . مويس J.C.Mutis . عدة كتب حول المزروعات الأمريكية .

وقد تم اكتشاف نباتات جزر الأنتيل من قبل العالم النباتي هنر سلوان Hans Sloane (1753-1660) الذي جمع 800 نبتة ضمنها مجلدين (لندن 1707-1725) . ونشر سلوان الذي خلف نيوتن كرئيس في الجمعية الملكية ، دراسات عن الأشجار الافاوية . وترك مخبره الغني بالتاريخ الطبيعي لصيداعلة آل شيلسي Chelsea .

ونشر الأب ج . ب . لابات P.J.B. Labat الذي أقام طيلة 7 سنوات في المارتينيك وفي سان دومغ ، نشر 1722 وصفاً لرحلة من 6 مجلدات . ودرس الانكليزي ج . هيوز G.Hughes نباتات باربادا (1750) والهلندي ج . جاكين J.Jacquin نباتات جزر الكارايب (1760) وأدخل هذا الأخير ، في خيمات شون برون Schoenbrunn عدة نباتات وحيوانات أمريكية . ودرس نباتات غويانا Guyane من قبل ب . بارير P.Barrère وكان نباتي الملك ، وأقام في غويانا ، سنة 1722 ، ومن قبل بري فونتين Préfontaine ومن قبل ب . فوزي اوبلي P.Fuseé-Aublet الذي أشار الى 800 نبتة نصفها جديد . وقام بزيارة غويانا ش . شونيدي دي سانون كور Ch.Sonnini de (1812-1751) Manoncourt الذي استعملت مذكرته من قبل يوفون . ويفضل دعم هذا الأخير تمكن من زيارة

شاطئ المتوسط الشرقي ، فضلاً عن مذكراته عن الرحلات ، ترك دراسات حول الفستق والاسكليبياد . وقد زار أيضاً كلود ريشار Claude Richard جزر الأنتيل وغويانا والبرازيل ، وعاد منها إلى فرنسا مجموعة من ثلاثة آلاف نبتة .

وبدا [إكتشاف نباتات أفريقيا ، بشكل جدي بفضل أعمال عدة نباتيين فرنسيين . فقدم ميشال أدانسون وهو ابن 22 سنة إلى السنغال ككاتب لشركة الهند وأقام فيها من 1749 إلى 1754 . وجمع منها مواد كتابه الشهير : « التاريخ الطبيعي للسنغال » (1757) ودرس بصورة خاصة شجرة البواب والأشجار ذات اللطاط .

ونجح الليوني بيار بوافر Pierre Poivre أن ينقل من جزر الملوك ، لكي يدخلها في جزر فرنسا والبوربون ، نباتات أخاويه كان الهولنديون يمنعون تصديرها . وزار أيضاً مدغشقر والفلبين ، وكان ينشئ حيث يقيم بستان فخمة .

وفيا كان آ لبيبي A.Lippi (1704) وسونيني دي مانون كور- Soncini de Man (1799) oncourt يقدمان وصفاً لنباتات مصر ، قامت بعثة جين هوتو J. Houtou دولا بياردير سنة (1786) بالتمكين من نشر دراسة حول نباتات سورية . وكانت النباتات السمتانة ومنها مثان جديدة ، قد جمعت من نوميديا وسوريا ومصر من قبل الانكليزي ت . شو T.Shaw ، وضعت عند شيراز . أما وصف الرحلة فقد نشر سنة 1738 مجموعة ديلينوس Dillenius . ودرست نباتات تركية من قبل بوكسوم Buxbaum (من 1728 إلى 1740) ونباتات اليونان من قبل ج . سيب تورب J. Sibthorp . أستاذ في إكسفرود . والعشبية المهمة المحصلة من مصر والشرق الأدنى من قبل السويدي ب فورسكار P. Forsskal ، نشرت سنة 1775 . أما الحصىلة التي توفرت من فلسطين على يد ف. هاسلكيست F. Hasselquist (1722-1752) نشرت من قبل ليني . أما نباتات بلاد البربر (تونس والجزائر والأطلس) فقد درسها أ . هينستريت E. Hebenstriet (1731) وكذلك أيضاً ج . بورمان J. Burman (1738) ، الخ ، وبخاصة من قبل ر.ل. ديفونتين R.L. Desfontaines الذي جمع ، من 1783 إلى 1785 ، مواد كتابه « فلورا اطلتيكا » وفيه وصف 1520 نوعاً منها 300 نوع جديد . تشير أيضاً إلى كتاب فلوريا أوربونتاليس لراوولف Rauwolf الذي نشر سنة 1755 من قبل غرونوفوس Gronovius ، وللعلوم الثمينة التي قلمتها قصة رحلة إلى الشرق قام بها الايطالي ج . مارتي J. Mariti (9 مجلدات ، 1769-1776) . وكذلك رواية الفرنسي لاروك La Roque (1761) الذي وصف شجرة البن . وهناك أيضاً تقارير مفيدة عن رحلات قام بها ب . سونرات P. Sonnerat الذي ذهب مع بوافر Poivre ، سنة 1768 إلى جزيرة فرنسا ، ثم زار بوربون Bourbon ومدغشقر وجزر سيشل حيث راقب الأريثرو كزبلون كوكا ؛ كما كشف أيضاً مانيل والفلبين . أما نباتات رأس الرجاء الصالح فقد درست من قبل السويديين جين برجيوس J. Bergius 1767 وب . تنبرغ (1772-1775) P. Thunberg والانكليزي ف . ماسون F. Masson (1772) . وذهب السويدي آ. سبرمن إلى الصين سنة 1765 ، ثم انضم فيها بعد إلى بعثة الكابتن كوك Cook حيث التقى ، فورستر Forster

وتتبرغ Thunberg ، ثم قام برحلة الى أفريقيا الجنوبية وقدم عنها مذكرة في سنة 1787 .

ودرس نباتات الهند الشرقية من قبل الألماني م . ب . فالتيني M.B.Valentini ، والمولندي ف . فالتين F.Valentyn . والانكليزي ك . ميلن C.Milne . ودوس جين بورمن J.Burman نباتات سيلان وأمبوان ومالابار وأمريكا ، مستنداً لتعشيبات جمعها العديد من المسافرين . أما نباتات الهند فقد درست من قبل إبنه ن . بورمن 1766 N. Burman واستكملت من قبل جوهان جي كونيغ Johann G. Koenig الذي قام أيضاً بالكشف على هندوستان . وأرسل السويدي اوتورن O.Torén الذي زار جزر القمر وشبه جزيرة ملكا وكانتون ، الى ليني Linné ملاحظاته التي نشرت سنة 1757 . ودرس الدانمركي روتبول Rottboll نباتات سورينام . ودرس اليسوعي البرتغالي ج . دي لوريرو J.Loureiro de نباتات كمبوديا ومالابار وموزنيق ونشر كتاباً عن نباتات كوشن شين Cochinchine (1790) . واكتشفت نباتات جافا من قبل رادر ماسر ونباتات الصين من قبل اليسوعي الفرنسي ن . شيرون N. Chéron الملقب أنكارفيل (1757-1706) الذي وجه الى ب . جوسيو B. de Jus sieu معشبة من 300 نبتة لم تدرس مع الاسف إلا سنة 1881 . ورغم أن العديد من اكتشافاته بقيت مجهولة لمدة طويلة ، فاليه يعود الفضل في إدخال الإيلات ، والسدرلا والانكارفيل الخ . ويعزى اليه أحياناً خطأ ، اكتشاف الرين مرغاريت Marguerite ، التي سبق ووصفها ديلينيوس Dillenius سنة 1732 . أما نباتات اليابان فقد درسها ثمبرغ Thumbirg وب شارل فوا P.Charlevoix ، أما نباتات هولندا الجديدة فدرسها فنيل Fenyl وسكوت Schott .

البعثات الكبرى - وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر نفذت بعثات وحملات كبرى كثيرة ، كانت نتائجها مهمة بالنسبة الى علم النبات .

في فرنسا نظمت البحرية العسكرية الفرنسية بعثة الى الاراضي الجنوبية القطبية تحت قيادة بوغنفييل Bougainville . وقد وضع ب . كومرسون P. Commerson بهذه المناسبة ، ومن اجل الجامعيين ، تعليمات اتخذت لمدة طويلة كنموذج . وذهب بوغنفييل سنة 1767 على ظهر الفرقاطة لتوال، ورمى مرساته في البرازيل وفي أرض النار ، ثم اجتاز مضيق ماجلان وزار تاهيتي وغينيا الجديدة وأستراليا وبنافيا ، وكان يجمع أثناء سيره العديد من النباتات . وجمع أخيراً مجموعة مهمة من الاعشاب في جزيرة فرنسا وفي مدغشقر وفي جزيرة بوربون حيث مات سنة 1773 . وكانت حصائله ، ورسومه للأنواع الجديدة قد استخدمت من قبل آ . ل . جوسيو ولامارك . أما البعثة التي نظمت بقيادة انتركاستو بحثاً عن البيروز ، فقد حملت معها عدة علماء طبيعيين منهم فنتينا ولاياردير .

وزارت هذه البعثة جزر الكناري وبحر الهند وأستراليا وتسمانيا وكاليدونيا الجديدة وجزر الملوك الخ ونشر لاياردير سنة 1798 تقريره عن رحلته ثم العديد من الدراسات المهمة جداً عن النباتات التي حصل عليها .

وفي بريطانيا كانت الرحلات الشهيرة للكاتبين جاسس كوك (1778-1779) التي نظمتها الاميرالية الانكليزية ، موضوع تقرير شهير . ومن بين النباتيين الذين كانوا في هذه الرحلات يجب ذكر

جوزف بنكس Joseph Banks (1743-1820) بالدرجة الاولى الذي كرس ثروته لدراسة النباتات الاجنبية ، فزار منذ (1763) لابراهور والارض الجديدة . وحصل على موافقة في المشاركة ، مع د . سولندر D.Solander في بعثة الكابتن كوك Cook التي انطلقت سنة 1768 فزارت جزر الكناري وجزر الراس الاخضر ، والبرازيل وأرض النار وهولندا الجديدة ، واريخيلات المحيط الباسيفيكي وغينا الجديدة ، وعاد مشططاً عند شواطئ افريقيا ، فاجتاز رأس الرجاء الصالح . وجهز بانكس سفينة زار بها شواطئ اسكتلندا وايسلندا ، ولما عاد الى لندن وأصبح رئيساً للجمعية الملكية ، أفاد من مجموعاته العديد من النباتيين .

وشارك الألماني جوهان ر . فورستر Johann R. Forster وابنه جورج في الرحلة الثانية للكابتن كوك على ظهر السفينة لارزولوسيون . ودارت البعثة حول رأس الرجاء الصالح ووصلت الى زيلندا الجديدة وإلى جزر « الشركة » وجزر « الاصدقاء » وبحار الجنوب ، واكتشفت كالدونيا الجديدة وعادت الى انكلترا سنة 1775 . وفي حين وصف ج . ر . فورستر 75 نوعاً جديداً من النباتات ، أكمل ابنه حصصاً من هذه الأوصاف ونشر دراسات حول « شجرة الخبز » في جزيرة « الاصدقاء » ، وحول النباتات الطبية في الجزر الجنوبية ، وكذلك وضع تقريراً عن رحلته (1777) . وكتبت صحيفة هذه الرحلة الثانية من قبل ج . ك ليتسون J.C. Lettsonn الذي قدم أيضاً دراسة عن شجرة الشاي .

ويفضل هذه الرحلات العديدة والبعثات المتنوعة والحملات ، أحرزت معرفة النباتات الأجنبية تقدماً كبيراً ، ساعد كما سبق وذكرنا ، في نهضة التصنيف وفي وضع أسس عامة للبيولوجيا .

الفصل السادس : علوم الأرض

في القرن الثامن عشر وهو قرن الانعتاق كافي على الطبيعيين الذين يدرسون الأرض أن يحسبوا حساباً دائماً لما ورد في الكتاب المقدس ، والطوفان تحت طائلة هجوم الكنيسة الحاد . والبعض منهم لم يصر علوم الأرض الناشئة الا كوسيلة لاثبات حقائق الكتاب المقدس ، فكان العديد من العلماء يتدبرون أمرهم لإظهار تفيدهم بالتحاليم في بعض مقاطع من نشراتهم . ولكن البعض كان يتابع أفكاره الى أبعد من ذلك . وكان لنشر الأنسيكلوبيديا والثورة الفرنسية سنة 1789 فضل تقديم الانعتاق .

ودرس علوم الأرض في كل أوروبا ومن كل البلدان جاءت المعلومات والاعمال المتوازية ، التي سوف يشكل مجموعها كياناً من العقيدة معداً ليكون موضع عمل في القرن التاسع عشر .

وتجذب الاشارة الخاصة الى بوفون Buffon الذي ادخل علوم الأرض (وكل العلوم الطبيعية) في الادب المعد ليقدم لجمهور واسع من المثقفين وليس فقط لبعض المتخصصين .

وبعد أن نستعرض مختلف المدارس سوف ننظر الى التقدم الواسع الهم والناجز : كمية من المعلومات ، ونظريتان كبيرتان سوف تتحاربان : نبتونية ورنر Werner وبلوتونية هوتن Hutton والمشاهدات الاولى عن بنية اديم الأرض (انكلترا وبلجيكا وسويسرا) ومعطيات متينة عن الاحاث : (علم يبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجية الأولى) الاحاث الستراتيغرافية (الطبقاتية الأرضية) ، إحاثة أفضل من جراء ابتكار منهجية ، ونظرات جريئة حول تطور الانواع ، والنهضة السريعة لعلم المعادن (مع هاري Haüy) ومعلومات إحاثة جغرافية (بالوجيوغرافي) .

وفي اواخر القرن 18 ، لم يكن قد قُدم اي حل ولكن وضعت خمس معطيات للمسألة : دور المتحجرات في التأريخية النسبية ، الفروع الثانوية الستراتيغرافية ، دور التشقية في التمزقات ، التراتبية الرقمية ، وأصل الغرانيت .

I - الجيولوجيا

المدرسة الايطالية - في سنة 1711 درس غاليزي Galeazzi المتحجرات في جبل سان لوقا قرب

بولونيا، وعرف أن هذه الصدقات لا تشبه في شيء صدقات البحر الأبيض المتوسط وأنها لا بد وأن تكون قد أتت من المحيط الهندي ، مبيناً بالتالي أهمية مقارنة الحيوانات القديمة بالحيوانات الحالية .

وبعد عشر سنوات استعرض غاليزنياري Vallisnieri جيولوجية إيطاليا كلها ، ورسم الأوضاع العامة للرسوبات البحرية ، في فيرويل وفيسيتين ، في فيروني وبولونيا ، في توسكانا وجبال الابينين . واستنتج أن البحر كان قد أقام فيها طويلاً وأن هذا الطرف كان مستقلاً تماماً عن الطوفان . وأخيراً وصف جبل بولكا المشهور باسمه المتحجرة .

وفي سنة 1740 نشر انطونو لازارومورو Anton-Lazzaro كتابه « كروستامي أديكلي » وقد كان المؤلف قد لفت بولادة جزيرة قطرها 500 متر وارتفاعها 8 أمتار ، في سنة 1707 ، في خليج سونتورين ، على أثر ظاهرات بركانية وهزات أرضية . وتعميماً من هذه الملاحظة اسند مورو إلى تأثير البراكين والهزات الأرضية كل الترسبات وكل الانقلابات . وفي حين أصبحت مياه البحر أكثر فائزاً ملوحة بسبب التصاعدات البركانية ؛ كانت رمادات البراكين ترسب في قاع البحر ثم ترتفع فيما بعد بفعل الهزات الأرضية .

ولاققت هذه النظرية نجاحاً كبيراً ، خاصة عندما قام الأخ كرم جنبرلي Carme Generelli بعرضها وشرحها أمام الأكاديمية كرمونا سنة 1749 (سنة صدور أول طبعة من كتاب بوفون) . ومن المهم أن نشير إلى أنه بعد هذه الحقبة حاول علماء الطبيعة أن يفسروا الظاهرات القديمة بظاهرات جارية . ومن جهته قسم ج . اردينو G.Arduino أراضي فيسيتين وفيرونا إلى بدائيات (شست ميكسي) ، وثانوية (كلسيات متحجرة) وثالثية (قليلة الارتفاع ، طرية مع متحجرات في جبل بولكا) وبركانية . وفي سنة 1759 أكمل ببراعة أعمال ستينون Sténon حول توسكانا Toscana .

وقد جذبت المتحجرات الصغرى أيضاً انتباه علماء الطبيعة الإيطاليين . وعلى هذا وصف بكاري Beccari سنة 1729 ، المتحجرات وقد لقبها لبني Linné نوتيلوس بكاري (وهي روناليا). وبعد 10 سنوات أعلن ج . بيانكي G.Bianchi (= ج . بلونكوس J.Plancus) أنه عثر على شواطئ ريميني Rimini ما يعادل القرن الصغير لأمون المتحجر Ammon Fossile . وفيما بعد وصف سولداني Sol-dani العدد الكبير من هذه الصدقات الحية والمتحجرة ، وبين أيضاً فائدها . وانتهى القرن « بالايكتولوجيا الفيرونية » (السمكة الفيرونية) لسرافينو فولتا Serafino Volta ، الذي وصف 123 نوعاً من الاسماك المتحجرة في لاسترارا قرب جبل بولكا . من هذه الأنواع الـ 123 ، رأى المؤلف أن 12 نوعاً منها غير معروف في كتلة الحيوانات الحية .

وفي نصف القرن 18 نشر ترجوني Targioni كتابه « رحلات إلى توسكانا » (1751-1752) ، فوصف جيولوجيا هذه المنطقة التي كان قد نظر فيها دون أن يصفها ستينون 60 سنة من قبل . وقد حارب الرأي الذي تقدم به بوفون من أن الوديان سببتها التيارات البحرية ، وعزاها ترجوني إلى فعل الأنهار التي اجتازت حواجز البحيرات بعد أن تراجعت البحار .

المدرسة السويسرية - ولد جوهان جاكوب شوزر Johann Jacob Scheuchzer (1733-1672) في زوريخ ، ولم ينفك ينشر طيلة 50 سنة تقريباً معلوماته عن بلد يعرفه بصورة كاملة . وفي كتابه بيسيوم كبريلا (1708) ، تكلم باسم الأسماك المتحجرة التي كانت ضحايا الطوفان ، كما تكلم عن جهل وظلم الناس الذين يرفضون الاعتراف لها بأنها اجداد الأسماك الحاضرة ويعتبرونها من مستوى الأحجار الجاملة .. والكتاب مزين بلوحات جميلة تمثل أسماكاً متحجرة من ألمانيا ومن إيطاليا .

في السنة التالية ، ظهر «ارباريوم دبلو فانه» مجموعة من النباتات المتحجرة (صورة 38) ، حيث تظهر بصمات من انكلترا وسويسرا وإيطاليا ، وكذلك متحجرات أخرى ، بعضها أجزاء من أمونيت (متحجرات من العهد الثاني) بحواجزها التي تشبه ، كما يقول المؤلف ، بصمات من أوراق ، ولكنها في الواقع خطوط التحام ، أو انفصال بين مختلف الحجرات « (صورة 39) . يذكر شوزر Scheuchzer ان مظهر الصنوبريات في طبقات الفحم يثبت ظاهراً أن الطوفان قد حدث في شهر أيار . . .

وفي سنة 1716 نشر شوزر Scheuchzer كاتالوغ مجموعته الذي تضمن ، من النبات إلى الثدييات ، 1500 قطعة منها 528 من سويسرا . أما الأمونيات الموصوفة فمصنفة ضمن فئتين ، بحسب ما إذا كانت

شوكية أو غير شوكية وتقسم كل فئة بدورها إلى ملساء أو مخددة ، ذات محيط مضغوط أو غير مضغوط ، ذات أخاديد بسيطة ، متفرعة ثنائياً أو ثلاثياً . أنها أول محاولة جدية لتصنيف «قرون أمون» .

ولاحظ جوهان غسنر Johann Gesner الذي أكمل عمل شوزر ان البقايا المتحجرة للشوكيات تنكسر دائماً مثبتة صفحات بلور كربونات الكلس . والفرنسي لويس بورجي Louis Bourget الذي عاش في نيو شاتل هو صاحب «كتاب المتحجرات» (1742) .

وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر ، تقاسمت مدينة زوريخ امتيازها كمركز جيولوجي مع جنيف التي اشتهرت ، بفضل ج - آ . دي لوك



الصورة 38 - بصمات النباتات المتحجرة

(ج.ج. شوزر نباتات الطوفان - Herbarium diluvianum)

Jean André de Luc وبنديكت دي سومور B. de Saussure . ونشر جان اندره دي لوك J.A. de Luc (1817-1727) في سنة 1778 «رسائل فيزيائية وأخلاقية عن الجبال وعن تاريخ الأرض والانسان» موجهة الى ملكة انكلترا . هذا العنوان الغريب ينشأ عن الخلط المدهشة التي يمكن أن تنوجد في النص . يذكر دي لوك كلمة جيولوجيا التي كانت مستعملة منذ زمن بعيد في انكلترا ، ولكنه يقول انه لا يستطيع استعمالها لأنها ليست فعلاً شائعة الاستعمال . لم يهتم ج. دي لوك الا بالجبال ، فميز بين الجبال البركانية القديمة ، والجبال المائية الثانوية والجبال الأولية أو غير القابلة للتفسير . . . وفي سنة 1798 ، وضمن رسائل موجهة الى بلومنباخ Blumenbach استكمل دي لوك نظامه . واعتبر القارات كقبة من الرسوبات البحرية ، المثنية والمزقة بدوران كبير ، ثم المجففة بفعل تراجع المحيطات العام . وكما كتب يقول : ان هدفه هو إثبات صحة النبوءة الموسوية . وفي «صحيفة الفيزياء» ، يشبه النميات (أصداف) بعظام الحبار (حيوان بحري من الرخويات) ولكنه يبدى هذا الملاحظة الذكية أن نميات بايون وإيطاليا والهند متشابهة ، رغم المسافات وفوارق الارتفاع .



صورة 39 - خطوط التحام الامونيات عن ج. ج. شورز .

وكان هوراس - بنديكت دي سومور Bénédicte de Saussure Horace — (1740 - 1799) احد أبرز الشخصيات في علم الجيولوجيا في ذلك العصر . فقد درس جبال الالب طيلة ثلاثين سنة . ونشر ملاحظات ضمن أربعة مجلدات اسمها «رحلات عبر الالب» (1786-1796) . وزيادة على الملاحظات الممتازة والمفصلة ، يعود إليه الفضل في أنه عرف كيف يستخلص استنتاجات إيجابية

انطلاقاً من ملاحظات كلاسيكية حول التجمعات ، التي سبق ذكرها ج. ت. نيدهام وجان دي ليمبورغ J.T. Needham et Jean de Limbourg . وفي سنة 1722 و1784 راقب الحشادات (صخر من حصي متكتلة) المنتصبة في فالورسين ، والملتقى الكبير للطبقات الجيرية (نسبة الى جبال الجورا) عند شلال نانت دار بيناز ، في واد الأرف . وابتدأ له ضخامة الظاهرة بأجل مظاهرها بحيث استنتج أن الترسبات قد هيئت أفقياً ، وإنما قد تجمعت وتثنت قبل أن تتحجر ، إنما بسبب ما يزال مجهولاً . إنهم لدروس أولى في علم التكتونيك (علم يبحث في قشرة الأرض) وأول إشارة الى انحناء نائم .

فضلاً عن ذلك ان هـ - ب سومور هو أول من أشار الى الارتدادات التي تسمى اليوم الحركات التمامية .

كتب بهذا المعنى ، سنة 1796 في كتابه «رحلات عبر الالب» : «هذا الخلد يعطي مثلاً جيئلاً عن الارتداد الذي اعتقد أنه السبب العام في استقامة الطبقات التي كانت أساساً أفقية» .

في المجلد الأول من كتابه « رحلات عبر الالب » يعلن سومسور عن عزمه على أن يقدم يوماً ما وجهات نظر عامة شاملة حول الظواهر الجيولوجية وأسبابها ولكنه في آخر المجلد 4 من هذا الكتاب أعلن عن عدوله عن هذا المشروع ، بعد أن أثبتت عنه تنوعية الأحداث الملحوظة .

كتب يقول : « في شبابي ، عندما لم أكن قد اجتزت الالب إلا من خلال عدد من المعابر ، ظننت أنني أدركت أحداثاً وعلاقات عامة . . . ولكن بعد سفرات متكررة في مختلف اجزاء السلسلة تبين لي أحداث أكثر ، فعرفت أنه لا يوجد في الالب شيء ثابت إلا تنوعها » .

المدرسة الألمانية - اعتمد جوهان غوتلب هيمان (Johann Gottlob Lehmann) (1767?) التمييز الذي أدخله ستينون بين الصخور المسماة «الأولية» بدون متحجرات وهي تشكل قشرة منشئية والصخور المسماة «الثانوية» ، وهي رسوبية ، وتحتوي على متحجرات . وبعد أن راقب في جبال هارز وارزبرج ، ميز ثمانى تشكيلات متتالية : أولية ذات خيوط ، صلصال قديم أحمر ، ترسبات فحم حجرية Houille ، صلصال أحمر ثانوي ، طبشور أزرق ، شيست تكعيمي ، طبشور شيسقي وزيشستين وهذا أمر ملحوظ يومئذ (1756) .

وتعتبر مذكرونا ج. ك. فوشسل G.C.Fuchsel « تاريخ الأرض والبحر . . . » (1762) و« مشروع تاريخ قديم للأرض وللإنسان » (1773) تقدماً بالمقارنة مع هيمان بتمييز مكان « موشلكالك » والصلصال المبرقش ، بالنسبة إلى « زشتستين » الكامن في هارز وتورنج . فضلاً عن ذلك عرف فوشسل بعض المتحجرات المتميزة وأضاف إلى كتابه خارطة هي أصل الخارطات الجيولوجية الألمانية .

ولد بيتر سيمون بالاس في ألمانيا ، وكان أحد مؤسسي الجيولوجيا الروسية . استدعته الامبراطورة كاترين الثانية سنة 1768 ، لكي يشترك في حملة كان عليها أن ترصد مرور الزهرة فوق قرص الشمس . . . وارتحل بالاس في روسيا طيلة ست سنوات ، فزار القوقاز ، وشواطئ بحر قزوين والأورال وسيبيريا . وعاد منها بالعديد من المعلومات تهم كل فروع العلوم الطبيعية . وإليه يعود الفضل في اكتشاف وحيد القرن والمأموت المحفوظين في تلوج سيبيريا ، واكتشاف الحجر النيزكي في البينسي .

وعرض في بحث قرأه أمام أكاديمية العلوم في سان بطرس برج ، سنة 1777 ، وجهات نظره حول تكون سلاسل الجبال التي درس (كوكاز ، أورال ، الطلي) ، فدل على تسلسل دائم في الصخور الغرانيتية وسط السلسلة ، وفي الصخور الشيستية في الحواصر ، ثم الصخور الكلسية في الخارج . هذا التقسيم للطبقات قد يبدو بدايئاً ، إنما يجب أن نلاحظ أن ما نشره بالاس سابق لمشهورات هـ . ب سومسور ولمشهورات وارنر .

ورنر Werner والنوتونية - ولد إبراهيم غوتلب ورنر (1750-1817) في بروسيا ، وأهتم من صغره بالعلوم الأرضية إذ ، منذ 1774 ، نشر كتاباً كبيراً « في الصفحات الخارجة لاشباه المعادن » . وعُيِّن سنة 1775 استاذاً في أكاديمية المناجم في فريبرغ ، ودرس بعناية ، الخيوط Filons وأراضي

السكاس ، وأوجد علماً جديداً « جيوغنوزي » أراد أن يؤسسه فقط على المراقبة ، وعلى المعرفة الإيجابية .

وبعد اثني عشرة سنة قدم « تصنيف ووصف الاراضي » ثم في سنة 1791 ، لخص في « النظرية الجديدة في تشكيل الحيطوط » Filons ، المعلومات التي لا تحصى التي حصل عليها . ويتميز ورنر عن منتين وعن لمان وعن فوسل ، بعد أن تبني أفكارهم ، أنه كان له مستمعون . فقد كان فكراً واضحاً دقيقاً ، وكان تعليمه يثير حماس الطلاب الذين كانوا يتوافدون إليه من كل بلدان أوروبا .

ووصف ورنر Werner العديد من الصخور ، وحدد العمر النسبي للقرشات المتراكمة ، وبين الاراضي « البدائية » والاراضي « الثانوية » أضاف الاراضي الانتقالية . ودرس بشكل عميق جداً ، الملاذات Gites الشبه معدنية . وفي نظره كانت الحيطوط كلها مملوءة Per descensum .

وحاول أن يفسر كل تكوينات القشرة الأرضية ، لا انطلاقاً من النار ، بل من الماء . فكل الصخور كانت في الاول ، ملوثة في الماء ، ثم ترسبت . وهذه النظرية البنوتية تتعارض بشدة مع البلوتونية عند هوتون Hutton . وهكذا اعتبر ورنر وهوتون الفحم كتنتيجة دفن واهتراء Alteration المواد النباتية ، ولكن هوتون فسر هذا الاهتراء بفعل حرارة الضغط أما ورنر فرأى فيه المفعول المذيب للاسيد سولفوريك الآتي من البيريت Pyrite .

وفي نظر ورنر Werner ، أودع البحر ، ليس فقط الصخور ذات الطبقات والرسوبية ، بل أيضاً الغرائت ، وكل الصخور البلورية . وهذه الأخيرة تكونت أولاً ، بفعل كيميائي ، إنها الصخور الأولية .

وتكونت سلاسل الجبال في البحر . ثم برزت عندما تراجع البحر داخل جيوب داخلية في الكرة . وهكذا في نظرية ورنر ، كانت الصخور كلها مكونة بفعل البحر ، والنشاط الداخلي للكرة قد أغفل تماماً . واعتبر ورنر ان البازالت ، كحجر رسوبي ، مترسب في محيط بدائي كان يغطي اعل الجبال . أما الانفجارات البركانية ، فقد عزاهما الى الاحتراق الباطني لطبقات الفحم الحجري Houille . وفي ما يخص المكامن شبه المعدنية ، أقر ورنر انه عندما تتلاقى طبقتان خيطيتان Filon فان الاحداث هي التي تقطع الاخرى ، لانه في ذات الطبقة الخيطية Filon ، تكون المنطقة الاقدم هي الواقعة في الأعماق وقرب الحيزات الملحية . هذه الملاحظات أتاحت ، التمييز ، ضمن نفس المقاطعة District المنجمية ، طبقات Filons ذات أعمار مختلفة ، بحسب طبيعتها وقرقتها Gangue وانجماها .

المدرسة البريطانية - استمر المؤلفون الانكليز في القرن 18 يستخدمون كلمة جيولوجية ومنهم : بيلي Bailey في كتابه : « جيولوجيا ، معالجة أو وصف للأرض » (1736) ، وينجامان مارتان Ben-jamin Martin في « النحو الفلسفي » Grammaire (1736) ، وجونسون Johnson في « جيولوجيا أو نظرية حول الأرض » (1755) .

وفي انكلترا ، كما في غيرها ، لم يفكر المتأخرون الا في أن يكونوا منسجمين مع الكتاب المقدس ، والطوفان وموسى Moise . وقد علم واعظ شهير ، جون وسلي John Wesley (1703-1791) ley ان البراكين وهزات الأرض لم تكن موجودة قبل « الخطيئة » في حين أوضح الفلكي و . وابستون W. Whiston سنة 1708 ، ان الطوفان بدأ نهار الاربعاء 28 تشرين ثاني

وشرح ج . ت . نيدهام J.T.Needham بنية وأصل سلاسل الجبال ، بشكل جيد جداً ، فقال : إنها مؤلفة ، من طبقات محورية المركز ، ذات سماكة واحدة ، ارتفعت ثم انكسرت بعد أن كانت قد اكتسبت نوعاً من المناعة ، بعد حالة السيولة التي كانت عليها يوم ترسبها ، كما يثبت ذلك وجود المتحجرات الحيوانية والنباتية . وسماكتها المتساوية ، على امتداد طويل ثبت ، أنها قد ترسبت اقياً . وهذه المعلومات نشرت بتاريخ 1769 وهي سابقة على معلومات جان لميوريغ (1770) Jean de Limbourg ومعلومات بنديكت سوسور (1776-1784) .

جامس هوتون James Hutton - والبلوتونية - الاسكتلندي جامس هوتون (1726-1797) الذي ترك الطب ليدرس الجيولوجيا ، لم يبن نظريات من وراء مكتبه ، بل درس طويلاً على الأرض . واعتبر كتابه « نظرية حول الأرض » المقدمة الى الجمعية الملكية في أدنبره سنة 1875 والمطبوعة سنة 1795 ، غامضاً نوعاً ما . ولم تعرف الشهرة الدائمة إلا بعد أن قام جون بلفير John Playfair (1748-1819) بتليذ هوتون بشرحها ، في كتاب : « توضيحات حول النظرية الهوتونية » (1802) .

لقد شرح هوتون أولاً طبيعة ونشأة الصخور الرسوبية ، واعتقد أن الشيت الميكاسي Micacés ، وحتى الناييس ، هي مثل هذه الصخور قديمة جداً . واعتقد أن تجدد الترسبات يعود الى الضغط المتزايد للمارس على القشرات العميقة ، المعرضة لحرارة النار المركزية . ويأتي الوضع الحالي للطبقات البحرية المتحجرة من ارتفاع هذه الطبقات أو القشرات ، لأنها لم تعد افقية بل معوجة الشكل وملساء . والتليس ، موجه من أسفل الى أعلى ، يخفف الى درجة أنه يلحق بصخور أكثر قديماً .

وفوتها مرتبطة بالقوة التوسعية للحرارة المتأينة من النار المركزية . ويعترف هوتون ، بعد ورنر Werner ، بتأخر وتختلف الخيوط المعدنية عن الشطائر التي تقطفها وتجتاحها . أما الصخور الانفجارية ، والگرانيت بشكل خاص ، فيرى فيها مواداً بعد ذوبانها بالحرارة قد ارتفعت هاربة من أعماق المناطق المعدنية : إن السيولة الاصلية تثبت بالبنية البلورية . لقد تسرب الغرانيت بشكل ظاهر الى الصخور الرسوبية ، ولذا فهو قد جاء بعدها . هذا العرض اصبح جسم عقيدة سميت « بلوتونية » وهي تتعارض بشدة مع نبتونية ورنر ، وقد انتصرت عليها أخيراً عندما انضم اليها آ . فون همبولد A. Von Humboldt وليوبولد فون بوش Leopold Von Buch .

وليم سميث William Smith - يعتبر وليم سميث (1768-1839) واحداً من مؤسسي الستراتيغرافيا « المطبقة على علم الخرائط Cartographie . ومنذ 1799 اقترح « سلباً ستراتيجرافيا للتكوينات الثانوية في غربي انكلترا » وأقر تراتباً في التسابع مؤكداً بفعل التعرف على ماعية بعض

المتحجرات المتأينة من مناجم بعيدة عن بعضها البعض . ودرس المتحجرات مع بنجامان ريشاردسون Benjamin Richardson وجوزف تاوونسنند Faunrend Townsend ، فحدد العمر النسبي للطبقات ، ونشر خارطة ملونة لمنطقة باث ، وهي الخارطيات الأولى الجيولوجية الانكليزية . وفيما بعد ، سنة 1815 وسع أعماله حتى شملت الخارطة الجيولوجية في انكلترا وبلاد ويلز .

تصنيف الانواع - حتى القرن 18 كان العلماء الطبيعيون يجمعون ، من غير تنظيم كل المتحجرات وحتى كل الاحجار ذات الشكل الغريب الملفت . وكانت هذه الاشياء توصف وتصور ، وحتى تقارن بمجموعات حية إنما من غير أي اهتمام بالصفات التشريحية والمورفولوجية (Morphologiques) . وكانت المحاولات التي قام بها ، في القرن 17 ، موريسون ، وجون راي ، وتورنفور وليبنيز Morison, John Ray, Tournefort et Leibniz ، لتعريف النوع ، ما تزال غير كافية للوصول الى تصنيف عام للكتائنات الحية وللمتحجرات . وكان هذا الهدف أقرب الى التحقيق في القرن 18 بفضل وضع الجداول المزدوجة من قبل ليني Linné ، ويفضل محاولات التصنيف الطبيعي للنباتات ، وكلها أمور قام بها آدانسون ، ويرنار ، وانطوان لوران دي جوسيو Adanson, Bernard et Antoine-Laurent de Jussieu .

المدرسة الفرنسية - في سنة 1708 ، نشر ج . استروك J.Astruc مذكرة حول المتحجرات في ضواحي مونييه ، وهي كما يقول المؤلف قواقع تركها البحر المتوسط . في سنة 1720 وفي مذكرة حول القواقع البحرية في رمال منطقة تورين المحاربة ، الفرنسية ، يفسر ريومور Réaumur وجود هذه القواقع بشكل فريد . فهي قد حُطت من قبل تيار محيطي أت من المانش ، وهو المسؤول عن كتل قواقع شومون آن فكسان Chaumont-en-Vexin ، عن الحجر الكلسي الخشن من المنطقة الباريسية أو عن توتياء من طبشور الشارتر ، ثم ذهب مرتدأ الى الأطلسي في منطقة نيورت ولاروشل Niort et La Rochelle ، حيث ترك الأمونيات Ammonites . . وقدمت هذه المذكرة الى الأكاديمية من قبل فوتنتيل Fontenelle الذي شرحها شرحاً بديعاً .

« إنه وإن بقي سيقى فعلاً على الأرض الكثير من بقايا وآثار الطوفان العام المذكور في الكتابات المقدسة ، فليس الطوفان ، على الاطلاق ، هو الذي اوجد قواقع التورين . . . فهذه القواقع لا بد وأنها قد جاءت ووضعت بهدوء ، وببطء ، وبالتالي في وقت أطول من سنة . ويتوجب إذن ، أو قبل أو بعد الطوفان أن يكون سطح الأرض ، على الأقل في بعض الأماكن ، مختلف الترتيب عما هو عليه الآن ، وأن تكون البحار والقارات ، في ذلك ، ذات ترتيب آخر ، وأخيراً أن يكون هناك خليج كبير في وسط التورين » .

في سنة 1710 - لفظ فوتنتيل - وهو يقدم الى الأكاديمية أعمال المستحاثات لشوزر - هذه الكلمات التي أصبحت كلاسيكية :

« هذه هي انواع جديدة من الميديات ، توارى عنها هي بدون مثال ، مهمة وأكثر ضماناً من

توارىخ كل المیدالیات الیونانیة والرومانیة .

وأهم الاكتشاف الذي قدمه ريومور أيضاً فونتيل أول فكرة عن الخرائط الجيولوجية : « كتب يقول : لكي يتم الكلام بوثوق عن هذه المادة ، لا بد من الحصول على أنواع من الخارطات الجغرافية المنظمة بحيث تشمل كل أنواع الصدف المدفون في الأرض . كم من المعلومات نحتاج وكم من الوقت يلزم للحصول عليها . ومع ذلك من يدري إذا كانت العلوم سوف تتوصل يوماً ما إلى هذا الحد ، على الأقل جزئياً .

وفي فرنسا ، كما في غيرها ، كان هناك متأخرون . واشهرهم فولتير ، الذي كان يتكلم باستخفاف ، فلم يتردد ، سنة 1746 ، من وصف برنار باليسي Bernard Palissy بأنه خيالي ، كما زعم بأن القواقع التي يعثر عليها في الجبال قد جلبها حجاج عائدون من سوريا أو من سان جاك دي كومبوستيل . وبالمقابل ، وعدا عن علماء الطبيعة الذين اوجدوا بصير وأناة علوم الأرض ، يجب التذكير بالجهل الغاضل الذي بذله ديرو وأصحاب الموسوعة الذين كانوا في وسط الصراع ضد النظرية الطوفانية التي نادى بها الكنيسة .

ناقش بنوا مايي Benoist Maillet في كتابه « تليامد » (1748) عبارات صفر التكوين ، والمخ الى أن الأيام في الكتابات المقدسة هي حق ، وأنكر باصرار إمكانية حدوث طوفان شامل . وتكلم عن المتحجرات فقال إن الحيوانات والنباتات الأرضية هي من سلالة الحيوانات والنباتات التي كانت تعيش في البحر الشامل الذي أدى تراجعه إلى ظهور الجبال .

واشتهر جان - ي غيتارد Jean-E. Guettard (1715-1786) ، في سنة (1746) بنشر كتاب (بثلاث سنوات قبل نشر كتاب نظرية الأرض لبوفون Buffon) عنوانه : « مذكرة وخارطة منجمية حول طبيعة وحول وضع الأراضي التي تتكون منها فرنسا انكلترا » وفي هذا الكتاب بين غيتارد عن وجود نوع من الانتظام في التوزيع الذي حصل في الصخور والمعادن وغالبية المتحجرات الأهمرى . وفي الأجمال ميز في خارطاته الجيولوجية 3 مناطق مركزية : الرملية والصلصالية ثم الشيستية أو المعدنية . وأكثر من ذلك قسم غيتارد كل واحد من تقسيماته الى 4 قسرات ذات طبيعة متنوعة ، بواسطة 50 إشارة اصطلاحية دالة على الأحجار وعلى المقالع وعلى الجيوب التحجيرية وعلى المنابع الحرارية الخ . وحقق بهذا أول خارطة جيولوجية تستحق هذا الاسم . وكان لافوازيه مشاركاً ناشطاً لغيتارد في مشروعه الكبير « الأطلس المعدني والمنجمي لفرنسا » والذي تضمن 214 ورقة ، واستخدم 211 مصطلحاً .

ونشر غيتارد العديد من الملاحظات والمعلومات حول المتحجرات ، وحول جفصينيات باريس ، وحول ثلاثيات الفصوص انجرس الشستية ، وحول ثدييات الجفصين الباريسية ، والثدييات وأشباه المعادن في الدوفينه (1779) . واحد اكتشافاته الأساسية حصل في منطقة أو فرنيا عند رجوعه من إيطاليا . وعند كلامه عن فولفليك Volvic قرب كليرمون Clermont صرح : « فولفليك ، فولكاني فيكوس » ، وأعلن أمام أكاديمية العلوم في 10 أيار 1752 أن العديد من الجبال في وسط فرنسا هي براكين قديمة . ولم

بصدقه احد يومئذ . وأكمل دراساته سنة 1759 ، ولكن للعجب ، لم يتبد بأن البازلت هو صخرة بركانية .

وقام نيقولا ديماري Nicolas Desmarest (1725-1815) ، بعد زيارة لاطاليا ، بوضع خارطة مفصلة لبراكين اوفرنيا ، وبين الاصل البركاني للبازلت - وهو اصل لم يقبل به كوفيه Cuvier سنة 1808 - وعرف ديماري Desmarest ماهية تركيب البراكين المتهبة والبراكين المنطفئة .

ويبدو أيضاً أن ن . ديماري هو أول من ميز بوضوح الثنيات المقعرة : « ثنيات منحنية تتخلل قوس مقعر » والثنيات المحدودية (وهي طيات محدوبة بشكل قوس محدوب) كما ميز التشوهات التي نعر عنها اليوم بكلمة متعرة ومضطربة وهاتان الكلمتان أوجدتهما كونبير وبوكلاند Con-ybeare, Buckland سنة 1822 ونذكر أيضاً اسم الابائي بلاسو Palassou واليه يعود الفضل في كتاب عنوانه : « بحث في علم المناجم في جبال البيرنيه » (1781) . وعرف بلاسو أولاً الوضع التوازي العام للقرشات بالنسبة الى محور الجبلية . وعزا انخفاض الوديان الى الحث الذي أصابها بفعل مجاري المياه (وليس بفعل البحر كما هو معتقد شائع عموماً) . واقترن بحثه بخارطة جيولوجية للمنحدر الشمالي من السلسلة المدرسة .

عمل يوفون Buffon - أخذ يوفون عن ديكارت وعن نيوتن وعن ستيون وعن لينيز فكرة النار المركزية ، وجعل منها أساساً لنظام فصله في « نظرية حول الارض » وفي « ازمته الطبيعة » .

وفي سنة 1749 نشر « نظرية الارض » . وفيها انتقد بشدة هذرات فولتير ، وبين تشتت المتحجرات ، وميز الأنواع الداخلية والأنواع الشاطئية وأشار إلى الزوال الكامل لبعض الأشكال مثل قرون آمون .

وبعد ديماري عرف يوفون الأفضل للناري للبازالت ولاحظ أن نار البراكين لا تأتي من النار المركزية ، ولا حتى من عمق عميق ، لان « الهواء ضروري جداً لاشتعالها ، أو على الأقل لاستمراريتها » . وكان يوفون قليل الرغبة في الصدام مع الكنيسة ، فكتب يقول « ان الارض كانت قبل الطوفان ، كما هي اليوم تقريباً » . وعزا تكون الجبال أولاً الى فعل البحر فقط ولكنه في الطبيعة الثانية أكد « ان الجبال لم تكن مؤلفة بفعل المياه بل بفعل النار الأولى . ولم تعمل المياه الا في المرحلة الثانية » .

وفي سنة 1778 نشر يوفون كتابه الكبير « ازمته الطبيعة » ، وهو كتاب طويل فضفاض ، أحياناً قليل الوضوح ، مقل بالتأملات الفلسفية ، ولكنه يتضمن أفكاراً عديدة أصيلة بعضها رفضته كلية اللاهوت في باريس . واكتفى يوفون بالاسباب الحالية ليفسر الظواهرات القديمة ، فضلاً عن ذلك لقد جهل هذه وتلك أي الظواهرات القديمة والحديثة ، نظراً لانه قليل الاتصال المباشر بالطبيعة . وكان ذا ذكاء عجب فعالج كل المواضيع وعرض أفكاراً جديدة خالصة .

وكان أول من تجرأ على التعبير عن رأي واضح حول مدة الازمة الجيولوجية . كتب يقول : « إن

القرشرات المتراكمة نتجت عن ترسبات تحت المياه ، ترسبات امتدت طيلة آلاف السنين وليس فقط خلال أيام الطوفان الأربعين .

وقسم بوفون هو أيضاً تاريخ الأرض الى 6 حقب ، وكانت عنده الجرة العظيمة ليحدد مدتها الدنيا بـ 75 ألف سنة . وأجاب على الاعتراضات التي وجهت إليه ، باختراع طريقة الحساب المتعلقة بمدة الترسب . ولاحظ ورقة أوراق الإردواز ، ولاحظ أن الموجة في ارتفاعها قلما ترسب إلا 1/12 من خيط سماكة المترسبات . مما يجعل الترسب السنوي محدوداً بـ 5 بوصات وهذا يقتضي 14 ألف سنة لترسب تلة صصلالية من 1000 غامة كارتفاع . وأضاف أن الـ 75 ألف سنة التي ذكرها ليست إلا مقدراً غير كافٍ على الإطلاق .

وأيد بوفون الزوال الكامل لبعض المجموعات الحيوانية المتحجرة تماماً ، مضيفاً إلى قرون آمون Ammon والاحجار النوميسمية (نسبة الى النوميليت) ومضيفاً أيضاً البلمينيت وأحجار جودية (مسلات التوتياء Oursins) ، الخ . وسوف تستعاد أفكاره حول تطور الأنواع ، التي درست سابقاً⁽¹⁾ ، في القرن التاسع عشر تحت تسميات المنافسة الحادة ، والانتقاء الطبيعي وتأثيرات المكان . نذكر أخيراً أن بوفون هو أيضاً مبتكر علم المستحاثات . لقد عرف إلى حد ما أجناس الحيوانات الثديية الحديثة في المائتين القديم والجديد ، واستنتج منها أن هاتين القارتين كانتا متصلتين في الماضي وإنهما لم يتفصلا إلا في « الحقبة السادسة » .

وكان لانتاج بوفون المهم نجاح ضخم وساهم تماماً في نشر حب العلم الطبيعي . واحتوى تاليفه أموراً جديدة سوف تأخذ كل قيمتها في القرن التاسع عشر .

دولوميو Dolomieu - في السنة الخامسة وفي السنة السادسة من الجمهورية الأولى الفرنسية ، زار ديودوني دولوميو (1750-1801) قسماً من جبال الالب ، واخذ يثبت مكانياً من معلومات هـ . ب . سوسور . وفي تقرير نشر في جريدة المناجم عرض تصوراً لظواهر التغطية التي كانت في أساس نظرية « مستنقعات النقل » . وهذه الظاهرة بدت عجيبة الى درجة تحملنا على ذكر النص الاسامي ، رغم ما فيه من غموض وزعم الاسباب الغريبة الواردة فيه :

« إن تفسير هذا الوضع (استقامة وانصباب الطبقات سترات) ، لا يمكن أن يكون نشوئياً ، ومن كل الشلرات والاضطرابات الظاهرة الملحوظة في هذه الجبال ، لا يمكن أن يحدث الا بافتراض وجود صدمة تضرب بشكل منحرف القشرة المتجمعة من كرتنا ، بحيث دفعتها وكسرتها بعنف ثم ازاحتها ورفعت قواعدها فأجبرت بعضها على التقوس وعلى التصادم فيما بينها بحيث ساندت بعضها بعضاً في الهواء ، كذلك الكتل التي كونت « الجبل الأبيض » في حين ان الاخريات ، وقعت بعد الرجفة فمادت واضطربت فوق الكتل الدنيا ، وهكذا تدعت في وضع لا يبعد كثيراً عن وضعها المنشئي . تلك هي الكتل التي يتكون منها المنزوؤ » .

(1) انظر الفصل حول مشاكل البيولوجيا .

جيرو - سولافي Giraud-Soulavie - كان جان لويس سولافي (1813-1752) Soulavie ، الذي لبس ثوب الرهبان تحت اسم جيرو Giraud ، المؤسس الحقيقي لعلم البلياتولوجيا الستراتيغرافية ، كما كان بذات الوقت احد طليعي التحولية . وكان أيضاً أول من تصور ماهية مدة الازمنة الجيولوجية .

وفي سنة 1772 اكتشف جيرو سولافي براكين فيغاري وقارنها فيما بعد بحمم أجد . وأشار بأن انسيابات حمم فيغاري كانت تقطع بعمقها بمجاري المياه ، وإن كلها كانت تنقل إلى حوض نهر الرون ، بعيداً بعيداً نحو المصب . واعتقد أن هذا العمل الانحتائي والنقل قد دام طويلاً جداً ، فصور ترتيباً زمنياً مركباً على زمن حفر الوديان . وربما استلهم من عمل سابق قام به هـ . غوتييه H. Gautier من نيمس ، صدر سنة (1723-1724) ؟ وعلى كل توصل جيرو إلى أرقام تجاوزت المدة التاريخية الواردة في الكتابات المقدسة .

وجاء إلى باريس سنة 1778 قاصداً وضع « جغرافيا فيزيائية لفرنسا » . ولقيت فكرته هذه ترحيباً فنيته الأكاديمية . وبدأ ظهور كتاب « التاريخ الطبيعي لفرنسا الجنوبية » بـ 7 مجلدات ، سنة 1780 . ولكن أنكار جيرو وسولافي Giraud-Soulavie لقيت معارضة من يوفون ، فلم ترحب بها جماعة المفكرين المتزمتين . وبين نشر بعض مقالاته التي يحدد فيها المدة التقريبية للظواهرات الجيولوجية بعدة مئات من الملايين من السنين ، ضخامة اختلافه مع الكتابات المقدسة . واجبروه يومئذٍ ، أي سنة 1784 ، وعمره 32 سنة أن لا يبحث في الجيولوجيا ومنعوه من نشر المجلدين الآخرين من كتابه . ومنذ 1779 كتب يقول أنه بالامكان تصنيف الاراضي الرسوبية بحسب المتحجرات التي تحتويها :

« إن النباتات المجعولة ، والمدفونة في الصلصال القديم والقواقع البحرية المدفونة في الرخام الأولى قد احتلت ، وهي الأولى ، مملكة البحار والارض ... ومن بين القواقع هناك عائلات وجدت قبل اخرى ... والطبيعة قد كثرت العائلات ، وإنها حسنتها دائماً ، وذلك بشكل متزايد فأوجدت أولاً الأكثر بساطة ثم الأكثر تعقيداً ... » .

وقد توصل بعد ذلك إلى قسمة تاريخ الاراضي الرسوبية إلى 5 حقب : العصر الأول وفيه الحيوانات المتحجرة التي لم يعد لها مثل في عالمنا الحالي (من هذه الحيوانات المتحجرة : اورتوسير ، بلمينت ، امونيت) ؛ والعصر الثاني اظهر خليطاً من هذه المتحجرات نفسها مع غيرها من التي لها حتى اليوم شواهد تمثيلها ، مثل المشطيات والقواقع ؛ والعصر الثالث « وفيه قواقع حديثة تعيش فرياتها حتى اليوم في البحار وهي تقطن في الحجر الطري والكلسي » ؛ والعصر الرابع وهو عصر الشيست المتشجر في كوارون (في ميوسين) ؛ والعصر الخامس وفيه تجمعات وتراكمت تحتوي على أنياب الفيلة .

وركز جيرو وسولافي على زوال الحيوانات القديمة زوالاً تاماً ، ثم استبدلها بأخرى سوف تملك بدورها . وتبين بأنه طليعي من رواد التحولية ، عندما أكد بأن تكتائر الأشكال ، تكتائر معروفاً في كل عائلات العالم العضوي ، يتأى عن فساد الأشكال القديمة بتأثير من البيئة (ارض حرارة غذاء الخ) . وخضع هذا الرائد العبقري الذي طلب إليه أن يسكت فسكت وترك الجيولوجيا . وعندما جاءت

الثورة الفرنسية استغل الحريات الممنوحة الجديدة لكي يوضح سنة 1763 بأن زوال دفعة وحيدة من الحمم المناسبة يمكن أن يدوم أكثر من 6 ملايين سنة . إن جيروسولاني قد تخطى حاجز سفر التكوين وافتح علم الجيولوجيا الحديث .

II - ما قبل التاريخ

يدرس « قبل التاريخ » ، وهو الفصل الأخير من علم الجيولوجيا ، الأزمنة القديمة السابقة على التاريخ ، وتطور البشرية طيلة المليون سنة التي تشكل أزمنة العصر الرابع عند الجيولوجيين . ويدرس هذا الرابع بالاستناد إلى الترسبات ، وإلى الحيوانات والنباتات المتحجرة التي عثر عليها فيه ، والبشر المتحجرين والصناعات البشرية (الصوان المصقول في أغلب الأحيان) .

هذا الدرس يفترض إذن بصورة متسقة معرفة الصناعات البشرية السابقة على المعادن ، معرفة العصور القديمة في حياة الإنسان وتعااصرة الحيوانات والنباتات المتحجرة . هذه التصورات كانت صعبة التحصيل في عالم متعود على أن لا يحسب حساباً إلا لما هو وارد في « الكتابات المقدسة » وإلا حقيقة الطوفان الكوني . إلا أن بعض الاسئلة سوف تطرح في القرن 18 من قبل بعض الرواد .

الأتوغرافيا المقارنة - كانت الفؤوس المصقولة أو الملمعة تحمل دائماً اسم « سيروينا » أو « حجر الصاعقة » ، عندما ظهر سنة 1717 كتاب بعد مئات صاحبه ميشال مركاني (1541-1593) Mercati و التالوتيكيا ، حيث يوجد تصور أكثر صحة .

كتب مركاني : « إن أغلب الناس يعتقدون أن « السيريوني » تخلفها الصاعقة . ويرى الذين يدرسون التاريخ أنها قد انفصلت بصدمة عنيفة من الصوان الصلب جداً ، وقبل استعمال الحديد ، من أجل جنون الحرب . لأن أقدم الرجال كانت سكائتهم شظايا الصوان » .

وبعد عدة سنوات شبه آ . جوسيه A.de Jussieu واليسوعي لافيتو Lafaite (1724) والقاضي مامودل Mahudel هذه الأدوات الحجرية عند إجدادنا ، بالأسلحة الحجرية لدى الشعوب الترحشة الحالية ، وبينوا تشابهها . إنها أولى المحاولات في علم الأتاسة المقارنة (أتوغرافيا) .

في سنة 1715 عثر صيدلي وائتيكاني لندني Londres كونيرز Conyers في بحصاصات على فأس مقصوبة في جوار هيكل قيل . وأطلق صليبه باغفورد Bagford الفرضية بأن هذا الفأس قد أدخلها الرومان ، في ظل حكم الامبراطور كلود Claude . وفي أواخر القرن 18 ، اكتشف انكليزي آخر ، جون فريير John Freire اكتشافاً مماثلاً في هوكسن في سوفولك ، وأعلن أنه « يعود إلى حقبة أكثر بعداً في التاريخ ، وأبعد بكثير عن عالمنا الحاضر » . ومرت هذه الملاحظة المدهشة ، غير منتظورة . إنها المرة الأولى ، ربما ، التي يشار فيها إلى قدم الإنسان القديم ، إنسان عاش مع الحيوانات البائدة .

عصر العمالقة - كان ما قبل التاريخ محكوماً ، في القرن 18 ، بعادة اعتبار الكتب المقدمة

وكأنها علميا وحرفيا صحيحة . حتى إن إمكانية وجود الناس المتحجرين لم تظهر إلا في السنوات الأخيرة من القرن . والمسألة لم تكن تطرح بجذوى ، إذ كان من المقبول ان الاقدمين كانوا عملاقة أكبر منا بكثير . لقد حطم الطوفان الكوني كل البشر باستثناء نوح وعائلته ، واذن لا جذوى من البحث عن جدود .

ويمكن أن نقرأ في سفر التكوين ما يلي : « في ذلك الزمان ، كان هناك عملاقة عل الأرض بعد أن تقدم أبناء الله نحو بنات البشر فأعطوهن الاولاد . هؤلاء الابطال هم الذين كانوا مشهورين في العصور القديمة » (ك ، 6 ، ف ، 4) .

وهكذا آمن الناس في العصور القديمة والقرون الوسطى وعصر النهضة بوجود العملاقة . وفي القرن السادس عشر كان الكهان يحتفظون في كنيسة فالنسيا Valence ، في اسبانيا بناب من فيل متحجر يقال أنه من سان كريستوف، وفي كنيسة أخرى أسبانية كان هناك عظم ساق فيل متحجر يُتبرك به وكأنه ذراع قديس . وفي سنة 1714 ، تلقت الجمعية الملكية مذكرة من الدكتور كوتنامذر Cotton Mathier عن بوسطن يقول فيها أن عظام الماموث التي اكتشفت في ألباني سنة 1705 عرضت وكأنها عظام عرق ملعون سابق عل الطوفان . وفي القرن الثامن عشر تحدث شوزر Scheuchzer عن عظام عملاقة وجدت سنة 1577 في جوار لوسيرن ، وقد عزاها فليكس بلاتر Félix Platter ، أستاذ كلية الطب في بال إلى إنسان طوله 17 قدماً .

وكان التركيب الجسدي التشريحي لاجدادنا مجهولاً جداً حتى أن شوزر Scheuchzer ، وهو عالم طبيعي موهوب صنف سنة 1726 ، تحت اسم الرجل الشاهد على الطوفان بأن له هيكلًا عظمياً شبيهاً بهيكل السلمندر المتحجر في منطقة أونينجن في سويسرا. وهذا الوصف أورده ثانية أ. ج. ديزالبيه A.J. Dezallier من أرجانفيل ، وليس إلا في سنة 1787 استطاع المشرح كبير أن يتعرف فيه عل زحافة ، حدها فيما بعد كوفيه Curvier .

ولم يخف موضوع الانسان المتحجر على بوفون ، اذ ، في سنة 1778 ، في « ازمة الطبيعة » أشار أن الانسان برأيه متأخر جداً عن الغيلة وعن وحيدات القرن المتحجرة التي وجدت عظامها وأنيابها، في رسوبات نهر السين وغيره من المجاري المائية . ورغم هذا الخطأ ، كان لبوفون فضل اتخاذ موقف وتوضيح رأي معاصريه .

وليس إلا في سنة 1797 ، حين طرح جون فريير John Frère مسألة الانسان الاقدم وقدمه ، إنسان معاصر للحوانات الزائلة .

III - علم أشباه المعادن

قدمت انسيكلويدايدروو دالمير Didrot, d'Alembert في سنة 1765 « للمنيروولوجيا » ، بقلم البارون هولباخ Holbach ، تعريفاً يشمل كل علوم الارض : « كتب هولباخ : المنيروولوجيا ،

بكل اتساعها ، هي القسم من التاريخ الطبيعي الذي يتم بمعرفة مواد العالم شبه المعدني ، اي بالاحجار ، والاملاح ، والمواد الملتصبة ، وبالتحجرات ، اي ، بكلمة ، بالاجسام غير الحية ، وغير المزودة بأعضاء حسية ، والموجودة في باطن الأرض وفوق سطحها . ويعني أقل اتساعاً يفهم بكلمة مينيرولوجيا سلسلة الاعمال المستحدثة من اجل استثمار المناجم ، وعندئذ يدخل التعدين في علم المينيرولوجيا » .

والى جانب هذا التعريف غير الكافي أيضاً ، نجد أفكاراً موفقة جداً حول دور الملاحظة والعمل على التربة : « البحوث الهادئة في المختبر ، والمعارف المكتسبة في الكتب لا يمكن أن تشكل عالماً مينيرولوجياً ، إن عليه أن يقرأ في كتاب الطبيعة الكبير ؛ وعليه بالغوص في أعماق الأرض يترقب أعماها الخفية ؛ وعليه أن يتسلق ذرى الجبال الصعبة ؛ وعليه أن يتجول في مختلف المناطق ، حتى يتوصل الى اقتلاع بعض الاسرار من الطبيعة التي تخفي عن ابصارنا أسرارها .

ان المينيرولوجيا كما نفهمها ، لم تكن يومئذ علماً مستقلاً . في القرن 18 بحث غالريوس وورنر Wallerius, Werner عن قواعد لتحديد وتصنيف اشياء المعادن ، في حين عكف برغمان وكرونستد وي فون بورن Bergman, Gronstedt, I. Von Born على تركيبها الكيميائي . وكانت النتائج التي حصل عليها هؤلاء غير واضحة ؛ فقد اعتبروا مثلاً الفلسبار « كراب صواني » ، متحد بالصلصال وبقليل من المنغنيز » .

وقد اعتبر توربير برغمان Torbern Bergman (1735-1784) في أغلب الاحيان ، كرائد سابق على هاوي ، لانه قدم تفسيراً لانتقال الموشور السداسي المنتظم الكليستي الى الموشور السداسي والى الاخعي . والواقع أن وجهات النظر مختلفة نوعاً ما . ففي حين اكتفى برغمان بمجرد الملاحظات الجيومترية ، فيما يتعلق بالانتقال من شكل الى آخر دون أن يحاول تفسير الأصل ، ركز هاوي Haüy استخلاصاته على نظرية عامة حول بنية البلوريات (ش. موغوين) .

وقد ركز ليني على الاشكال المتبلرة (1735) ، ولكنه اعتقد أن كل المعادن من نفس الاشكال الجيومترية لها تركيب كيميائي متماثل . في سنة 1745 ، أشار الكيميائي الروسي لومونوسوف Lomonossov في كتابه مهم لاشباه المعادن ، الى ثبات الزوايا الزوجية (dièdres) في بعض المتبلرات ، ولكن عمله بقي مجهولاً من قبل علماء الطبيعة في أوروبا الغربية . وفي سنة 1772 ، وفي « محاولة حول علم المتبلرات » وضع رؤي دي ليسل Romé de L'Isle (1736-1790) معارف عصره ، وفي سنة 1783 ، اكتشف مع تلميذه أ . كارانجو A. Carangeot قانون ثبوتية فتحة الزوايا الزوجية (dièdres) في المتبلرات من نفس النوع كما اكتشف أسلوب البتر (Troncature) . وأشار الى أهمية علم المتبلرات Cristallographie (وهو الذي ابتكر الاسم) .

وبهذا الشأن كتب في « بحث في علم المتبلرات » (1772) : « إن الكتاب الذي اعرض هل الجمهور ، ليس تدويناً كاملاً كما تقتضيه الحالة الحالية لمعارفنا بل هو ليتولوجيا ، تؤدي ، مع

المنييرولوجيا ، الى افكار عامة حول نظرية الارض ، التي لم يبحثها ويستنفدها اي علم ، إذا لم تكن المتبلرات هي أساس هذا النظام وسنده الثابت .

ووجد معارضاً خطراً له في شخص بوفون الذي لم يعط الاشكال المتبلرة الا أهمية ضئيلة لان فهمه لها كان تبسيطياً .

كتب بوفون بهذا الشأن : « يمكن القول بكل جدية أنه لم يكن هناك الازجاج بدائي واحد هو الكوارتز ، والذي تغير مبادئه بحلول الحديد ، أخذ شكل الشب وشكل الميكا ، عن طريق تقشر اللاتين ، وهذا الكوارتز بالذات ، مع كمية أكبر من الحديد ، وغيره من المواد المتنافرة تحول الى فلسبارات وإلى سكورل . ومن خلال هذه الاشكال الخمسة حددت الطبيعة عند الزجاجات الأولى التي انتجتها النار الأولية ، ومنها ركبت فيما بعد كل المواد الزجاجية المعروفة في عالم أشباه المعادن » .

أما الخصائص الذاتية ، فقد وقف بوفون عند الصلابة ، وعند الثقل النوعي ، وعند الانسجامية ، وعند الانصهارية والاحتراقية . إن الشكل البلوري ليس إلا أمراً عارضاً . وكل هذا يدل بوضوح على أنهم كانوا لا يعرفون بوضوح ماهية النوع المنجمي « المنييرالوجي » ، وإنهم كانوا لا يعرفون كيف يحددون صفاته الأساسية . الكيميائيون وحدهم كانوا يعتبرون النوع المنجمي كمجموعة من الكائنات غير العضوية ، التشابه في تركيبها الكيميائي .

رينيه - جوست هاوي René-Just Haüy - علم المنييرولوجيا في « بستان الملك » صديق لبوفون ، هو الزوولوجي دويتون Daubenton (1716-1800) . وكان من بين تلاميذ هذا الأخير كهنوتي شاب ، رينه جوست هاوي (1742-1822) الذي سوف يصبح المؤسس الحقيقي للمنييرولوجيا الحديثة .

وفي سنة 1770 ، اخذ الاباتي هاوي ، وهو استاذ في كلية كاردينال لموان ، يتردد على محاضرات دويتون Daubenton . كان هذا الأخير عالماً بالنبات وهاوياً للمتبلرات ، وكان يعجب من أن أشباه المعادن لها أشكال متبلرة متنوعة ، في حين أن الازهار من نفس النوع لها عدد وحيد من التلات . وأهم موضوع بنية المتبلرات ، فلاحظ أنه عندما يفصل اجزاء من بلور مشوري من الكالسيت ، بواسطة شفرة سكين ، مولوجة ، داخل المفاصل الطبيعية الواقعة بين الشفرات التي يشكل مجموعها الموشورة ، نحصل على مشور سداسي أكثر فأكثر صغراً ، إنما دائماً كاملاً . فاستنتج إمكانية الحصول على مشور سداسي أصغر فأصغر أيضاً ، أي جسيمات هي خلايا كاملة .

وكان هناك مذكرتان تمهيدتان ، الأولى حول بنية المتبلرات من البجادي (عرضت على أكاديمية العلوم في 21 شباط 1781) ، والآخرى حول بنية السبات الكلسي (22 كانون الاول) ، طبعتا بسمتها المراحل الأولى من عمله . وطور نظريته التي طبع بطايعها بدايات علم الكريستالوغرافيا في كتابه « بحث في نظرية بنية المتبلرات ، مطبقة على العديد من أنواع المواد المتبلرة » (1784) .

كان الاباتي هاوي عضواً في أكاديمية العلوم ، منذ 1783 (فرع البوتانيك) . وسمي سنة 1795 عضواً في « الانستيتوناسيونال » ، ثم استاذاً في مدرسة المناجم ، واستاذاً للمينيروولوجيا في المتحف سنة 1802 . وفي سنة 1801 كان قد نشر كتاباً عن المينيروولوجيا (خمسة مجلدات ، منها اطلس صور ؛ والطبعة الثانية ، سنة 1822) ، وفي سنة 1822 نشر كتابه « مبحث في الكريستالوغرافيا » (ثلاثة مجلدات واحد للوحات) .

وندين الى هاوي بمعرقه بنية المتبلرات : لقد رأى في كل بلورة مجموعة من البوليترات الصغيرة المتساوية فيما بينها (سماها خلايا متكاملة) ، تلتصق بوجوها ، أما شكلها فمؤلف بالنظر الى سطوح التماس أو التقاطع ، والصفائح (Stries) الخ ؛ أو يظهر أشكال ثانوية متفرعة من الشكل الأولي وفقاً لقوانين معروفة . لقد كانت فكرة التقاطع أو الشقوق (يُمكن أن يسميها مفاصل أو «مرابط» وتفسير التجذيعات Troncatures ، تقديماً جديداً وحامساً

وبعد أن اكتشف هاوي قوانين بنية أشباه المعادن طبقها على التبلر . ولهذا الغاية عرف « النوع » المينيروولوجي « كمجموعة من الاجسام ذات الخلايا المتكاملة المتشابهة بأشكالها والمؤلفة من نفس المبادئ » ، الموحدة فيما بينها بنفس النسب « ثم قسم فيما بعد الأنواع المينيروالية الى خمس طبقات : حجابية وملحية ، محترقة غير معدنية ، ثم معدنية ، من أصل ناري ، ثم بركانية .

وامتد عمل هاوي بأن واحد فوق القرن 18 والقرن 19 . وعمله سوف يدرس في المجلد التالي .

دراسة اشباه المعادن بالميكروسكوب - في القرن السابع عشر اخذت الطرق البصرية تطبق على علوم الأرض ، بفضل ملاحظات آ . فان ليونوك A. Van Leeuwenhock الجيدة ، بشكل خاص ، وهو أب علم الأوليات ، وبفضل ملاحظات روبرت هوك Robert Hooke ، الذي أنشأ علم التشريح المقارن في النباتات الحية والمتحجرة .

في سنة 1672 لاحظ هويجنس Huygens تسرب شعاع ضوئي يجتاز بلورة من المعدن الأيسلندي الصافي . ورغم الاستكتمالات التي أدخلت على صنع الميكروسكوبات ، فإن القسم الأعظم من القرن 18 لم يشاهد تقدماً ملحوظاً في الدراسات الميكروسكوبية . ولكن في سنة 1782 ، نشر دوينتون Daubenton عملاً مفيداً في المينيروولوجيا الميكروسكوبية ، بين فيه الطبيعة الحقة للدندريت Dendrites ثم جاءت فيما بعد دراسة دولوميو Dolomieu (1794) ثم في سنة 1800 ، دراسة وصف فيها فلوريان دي بلفو Fleurian de Bellevue حم ضواحي روما .

وهكذا عرف القرن 18 نهضة مشرقة في الجيولوجيا ، كما شاهد ولادة نظريات منافسة ، وملاحظات أساسية حول طبيعة المتحجرات ، وتقديرات أولية لعمر الكرة الأرضية ، والملاحظات الأولى في مجال ما قبل التاريخ والولادة الحقة للمينيروولوجيا .

مراجع القسم الثالث

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : Collection « Peuples et Civilisations », t. XI : *La prépondérance anglaise* (P. MURET et Ph. SAGNAC, Paris, 1951); t. XII : *La fin de l'Ancien Régime et la Révolution américaine (1763-1789)* (Ph. SAGNAC, 1952), et XIII : *La Révolution française* (G. LEFEBVRE, nouv. éd., 1963); Collection « Clio » : *Le XVIII^e siècle* (2 vol., E. PRÉCLIN et V.-L. TAPIÉ, Paris 1952-1953); *Histoire générale des civilisations*, t. V : *Le XVIII^e siècle* (R. MOUSNIER et E. LABROUSSE, 5^e éd., Paris, 1967); Ch. MORAZÉ, *Les bourgeois conquérants*, Paris, 1967; O. LINDSAY, *The Old Regime, 1713-1763*, Cambridge, 1957 (« The New Cambridge Modern History »); H. R. SMITH, *A history of modern culture*, t. II : *1687-1776*, New York, 1934; D. MORNET, *Les origines intellectuelles de la Révolution française*, nouv. éd., Paris, 1947; Id., *La pensée française au XVIII^e siècle*, Paris, 1929; P. HAZARD, *La pensée européenne au XVIII^e siècle*, Paris, 1946; L. RÉAU, *L'Europe française au siècle des lumières*, Paris, 1938; *L'Encyclopédie et le progrès des sciences et des techniques*, Paris, 1952; G. BACHELARD, *La formation de la pensée scientifique*, Paris, 1938; H. DUBY et H. MANDROU, *Histoire de la civilisation française*, t. II, Paris, 1958; C.H. ALEXANDER, *The Leibniz-Clarke correspondence*, Manchester, 1956; H. METZGER, *Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton*, Paris, 1988.

مؤلفات تتعلق بمجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de FOGGENDORFF, SARTON et RUSSO. Ouvrages signalés dans les bibliographies précédentes de BOUL, CLAGETT, CROMBIE, DAUMAS, HALL, HANOTEAU, d'IESAY, MAINDRON, MASON, PAPP et BABINI (vol. 8 et 9), FLEDGE; A. WOLF, *A History of science, technology and philosophy in the XVIIIth century*, 2^e éd., London, 1952; *Die Berliner und die Petersburger Akademie der Wissenschaften im Briefwechsel Leonhard Eulers*, 2 vol., Berlin, 1959-1961; R. TATON, éd. *L'enseignement et la diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1964.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de AMODEO, ARCHIBALD, BALL, BECKER et HOFMANN, BOURBAKI, BOUTROUX, BOYER, BRAUNMÜHL, BRUNSCVIG, CAJOREL, CANTOR (t. I II (1668-1758) Leipzig, 1901; t. IV (1769-1799), 1908), CHARLES, COOLIDGE, DEDRON et ITARD, DICKSON, GEYMONAT, HOFMANN, KÄSTNER, LORIA, MONTUCLA, SMITH, TODDINGTON, TROPFKE; E. FURTER, *Geschichte der exakten Wissenschaften in der schweizerischen Aufklärung (1680-1780)*, Aarau, 1941; J. F. SCOTT, *A history of mathematics*, Londres, 1958; N. NIELSEN, *Géomètres français du XVIII^e siècle*, Paris, 1934; Id., *Géomètres français sous la Révolution*, Paris, 1929; J.-B. DELAMBRE, *Rapport historique sur les progrès des sciences mathématiques depuis 1789*, Paris, 1810; F. CAJOREL, *A history of the conception of limits and fluxions in Great Britain from Newton to Woodhouse*, Chicago, 1931; Th. MUIR, *The theory of determinants in the historical order...*, t. I, 2^e éd., Londres, 1906; G. LORIA, *Il passato e il presente della principali teorie geometriche*, 4^e éd., Padova, 1931; Id., *Perfezionamenti ed evoluzione del concetto di coordinate (Osiris, t. 8)*; Id., *Storia della geometria descrittiva*, Milan, 1921; R. BONOLA, *Non-euclidean geometry*, Chicago, 1912; J. L. COOLIDGE, *History of the conic sections and quadric surfaces*, Oxford, 1945; D. J. STRUICK, *Outline of a history of differential geometry (Isis, vol. 19 et 20, 1933-1934)*; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, vol. I, Bâle, 1955; H. AUCHTER, *Brook Taylor*, Würzburg, 1937; C. TWERDIE, *James Stirling*, Oxford, 1922; Id., *The « Geometria Organica » of Colin MacLaurin (Proc. of the Roy. Soc. of Edinburgh, vol. 36, 1916)*; L. HANKS, *Buffon avant l'« Histoire naturelle*,

Paris, 1966 ; L. G. du PASQUIER, *Léonard Euler et ses amis*, Paris, 1927 ; R. FUETER, *Léonard Euler*, Bâle, 1948 ; *Brigstochel Euler-Goldbach, 1729-1764*, Berlin, 1965 ; P. BRUNET, *La vie et l'œuvre de Clairaut*, Paris, 1952 ; R. TATON, *L'œuvre scientifique de Monge*, Paris, 1951 ; G. SARTON, Lagrange's personality (*Amer. phil. Soc. Proc.*, vol. 88, 1944) ; M. STECK, *J. H. Lambert. Schriften sur Perspektive*, Berlin, 1943 ; G. GRANGER, *La mathématique sociale du marquis de Condorcet*, Paris, 1956. Œuvres d'EULER (en cours de publication depuis 1912), de LAGRANGE (14 vol., Paris, 1867-1892), de LAPLACE (13 vol., Paris, 1878-1904), de RUFFINI (3 vol., Palerme, 1915-1954).

ميكانيك

Mécanique : En plus des ouvrages précédemment cités de DUGAS, DUHEM, JOUGUET, MACH, TODHUNTER : P. E. B. JOURDAIN, *The principle of least action*, Chicago, 1913 ; P. BRUNET, *Mauportuis*, 2 vol., Paris, 1929 ; Id., *Étude historique sur le principe de moindre action*, Paris, 1938 ; Id., *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII^e siècle (avant 1731)*, Paris, 1931 ; R. MARCOLONGO, *Il problema dei tre corpi da Newton (1686) ai nostri giorni*, Milán, 1919 ; J. BERTRAND, *D'Alembert*, Paris, 1889 ; L. L. WHYTE, ed., *Roger Joseph Boscovich...*, Londres, 1961 ; R. GRIMLEY, *Jean d'Alembert (1717-1783)*, Oxford, 1963.

علم فلك

Astronomie : Les ouvrages précédemment cités de ABETTI, ANDRÉ et RAYET, BAILLY, BIGOURDAN, BOQUET, DANJON et COUDER, DELAMBRE, DOUBLET, HOZEUD et LANCASTER, KING, LALANDE, MACPHERSON, REPSOLD, WOLF, ZINNER ; R. WOLF, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur*, 3 vol., Munich, 1891-1893 ; I. TODHUNTER, *History of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth...*, 2 vol., Londres, 1873 ; F. TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, 4 vol., Paris, 1889-1896 ; F. BRUNNOW, *Lehrbuch der sphärischen Astronomie*, 4^e éd., Leipzig, 1881 ; F. R. HELMERT, *Die mathematischen und physikalischen theorien der höheren Geodäsie*, 2 vol., Berlin, 1880-1884 ; F. TISSERAND, *Tentatives faites pour déterminer la parallaxe du Soleil (Ann. Obs. Paris, Mém., t. 16, 1882)* ; C. A. F. PETERS, *Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes (Mém. Ac. Imp. Sc. Saint-Petersbourg ; sc. math. et phys., 5, 1848)* ; R. GRANT, *History of physical astronomy*, Londres, 1852 ; E. GUYOT, *Histoire de la détermination des longitudes*, La Charité-Fonds, 1955 ; A. MARGUET, *Histoire de la longitude en mer au XVIII^e siècle*, Paris, 1935 ; W. I. MILHAM, *Time and time-keepers*, New York, 1923 ; H. ANDOYER, *L'œuvre scientifique de Laplace*, Paris, 1922 ; P.-S. LAPLACE, *Précis de l'histoire de l'astronomie*, Paris, 1821 ; LESUEUR, *La Condamine*, Paris, 1911 ; J. MASCART, *Le chevalier de Borda*, Paris, 1919 ; H. WOOLF, *The Transits of Venus, a study of eighteenth-century science*, Princeton, 1954.

فيزياء عامة

Physique en général : Les ouvrages précédemment cités de CAYERNI, CAJORI, DAUMAS, GERLAND et TRACHTELLER, HOPPE, LASSWITZ, MACIE, POGGENDORFF, ROSENBERGER, USHER, VOLKREINER ; P. MANTOUX, *La révolution industrielle en Angleterre au XVIII^e siècle*, Paris, 1906 ; P. BRUNET, *Les physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1926 ; T. M. C. SHELLEY, *French inventions in the XVIIIth century*, Univ. of Kentucky, 1952 ; T. H. ASHTON, *La révolution industrielle (1760-1830)*, Paris, 1955.

بصريات

Optique : Ouvrages cités dans la Bibliographie de la II^e Partie.

حرارة

Chaleur : E. WOHLWILL, *Zur Geschichte der Erfindung und Verbreitung des Thermometers*

(Foggedorff's *Annalen*, vol. 124, 1865, p. 163-178) ; F. BUCHHARDT, *Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im 17. Jahrhundert*, Bâle, 1867 ; Id., *Zur Geschichte des Thermometers, Berichtigungen und Ergänzungen*, Bâle, 1902 ; E. GERLAND, *Des Thermomètres*, Berlin, 1885 ; F. ROSENBERGER, *Die Geschichte der Physik*, Braunschweig, 3 Teil, 1882-1900 ; H. C. BOLTON, *Evolution of the Thermometer, 1592-1743*, Easton, Pa., 1900 ; F. CAJORI, *A History of physics...*, New York, 1914 ; E. MACX, *Die Principien der Wärmelehre*, Leipzig, 1923 ; D. MCKIE et N. H. de V. HEATHCOTE, *The discovery of specific and latent heats*, Londres, 1935 ; M. R. BARNETT, *The development of thermometer and the temperature concept* (Oairis, t. XII, 1956, p. 269-341) ; A. BIREMBAUT, *La contribution de Réaumur à la thermométrie* (Rev. Hist. Sci., t. XI, 1958, p. 302-329 ; Ibid., in *La vie et l'œuvre de Réaumur*, Paris, 1962) ; W. J. SPARROW, *Knight in the White Eagle. A biography of Sir Benjamin Thompson...*, Londres, 1964 ; W. E. K. MIDDLETON, *A history of the thermometer*, Baltimore, 1966 ; S. C. BROWN, *Benjamin Thompson, Count Rumford...*, Oxford, 1967.

كهربية ومغناطيسية

Électricité et magnétisme : Ouvrages précédemment cités de BAUER, DAUJAT, GLOUZI, HOPPE, MOTTELEY, PRIESTLEY, SARTIAUX et ALIAMAT, SIGAUD DE LAFOND, TURNER, WITTAKER ; H. CAVENDISH, *Scientific Papers*, Cambridge, 1921 ; *Collection des Mémoires relatifs à la Physique*, t. I : *Mémoires de Coulomb*, Paris, 1884 ; C. VAN DOREN, *Benjamin Franklin*, New York, 1938 ; I. B. COHEN, *Benjamin Franklin's experiments*, Cambridge, 1941 ; Id., *Franklin and Newton*, Philadelphia, 1956 ; C. WILSON, *Life of Henry Cavendish*, Londres, 1951 ; D. et D. H. D. ROLLER, *The development of the concept of electric charge*, Cambridge, 1954 ; J. TORLAU, *L'abbé Nollet*, Paris, 1954 ; A. J. BERRY, *Henry Cavendish*, Londres, 1960.

كيمياء

Chimie : Ouvrages précédemment cités de CROSLAND, DELACRE, DUVERN, FERGUSON, FRIEZ-DAVID, HOLMYARD, JACNAUX, LEICESTER et KLICKESTEIN, LIPPMANN, METZGER, OSTWALD, PARTINGTON ; M. BERTHELOT, *La révolution chimique. Lavoisier*, Paris, 1899 ; E. GRIMAU, *Lavoisier*, 3^e éd., Paris, 1899 ; T. E. THOMPE, *Priestley*, New York, 1906 ; J. R. PARTINGTON, *The composition of water*, Londres, 1928 ; H. METZGER, *Newton, Stahl et Boerhaave*, Paris, 1930 ; J. R. PARTINGTON et D. MCKIE, *Historical studies on the phlogiston theory* (*Annals of science*, vol. 2-4, 1937-1939) ; D. MCKIE, *Lavoisier*, New York, 1952 ; Id., *La chimie au XVIII^e siècle avant Lavoisier*, Paris, 1958 ; M. DAUMAS, *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris, 1955 ; D. I. DUVERN et H. KLICKESTEIN, *A bibliography of the works of Antoine-Laurent Lavoisier*, Londres, 1954 (Supplément..., 1955) ; H. GUERLAC, *Joseph Black and fixed air* (*Isis*, vol. 48, 1957) ; Id., *Lavoisier...*, Ithaca, 1961 ; A. J. BERRY, *Henry Cavendish*, Londres, 1960 ; O. ZECKERT, *Carl Wilhelm Scheele*, Stuttgart, 1963 ; F. W. GIBBS, *Joseph Priestley*, Londres, 1965.

بيولوجيا عامة

Sciences biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de CANGUILHEM, CAULKLEY, CUYVER, GUYÉNOT, LOCY, MENDELSON, NORDENSKIÖLD, RÄDL, ROSTAND, SINGER ; L. C. MIALI, *The early naturalists*, Londres, 1912 ; D. MORNET, *Les sciences de la vie au XVIII^e siècle*, Paris, 1931 ; R. SAVIOZ, *La philosophie de Charles Bonnet*, Paris, 1948 ; P. OSTOYA, *Les théories de l'évolution*, Paris, 1952 ; J. ROSTAND, *Les origines de la biologie expérimentale et Pabbé Spallanzani*, Paris, 1951 ; Id., *L'atomisme en biologie*, Paris, 1956 ; L. SPALLANZANI, *Epistolario*, 5 vol., Florence, 1959-1964 ; J. ROGER, *Les sciences de la vie dans la pensée française du XVIII^e siècle. La génération des animaux de Descartes à l'« Encyclopédie »*, Paris, 1963 ; P. C. RITTERBUSH, *Overtures to biology : the speculations of eighteenth century naturalists*, New Haven, 1964. Mentionnons enfin la *Correspondance de HALLER* en cours d'édition sous la direction de E. HINTZSCH.

فيزيولوجيا وتشريح (حيوان)

Physiologie et anatomie animales : Les ouvrages précédemment cités de CANGULIERM, CHOLANT, COLLE, FOSTER, FULTON, ROTHSCHUH, SINGER; H. BORUTTAU, *Geschichte der Physiologie*, in *Handbuch der Geschichte der Medizin*, de Th. FUSCHMANN, éd. par NEUBURGER et PAGEL, Iéna, 1903, t. I; J. F. FULTON, *Muscular contraction and the reflex control of movement*, Baltimore, 1926; E. BASTHOLM, *The history of muscle physiology...*, Copenhagen, 1950; VI. KRUTA, *Mod. Dr. Jiri Prochaska*, Prague, 1956; Ch. Mc. C. BROOKS et P. E. GRANFIELD, éd., *The historical development of physiological thought*, New York, 1959; K. E. ROTHSCHUH, *Von Boerhaave bis Barger; die Entwicklung der Kontinentalen Physiologie in 18. und 19. Jahrhundert*, Stuttgart, 1964.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de BARIÉTY et COURY, BORDU, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEPCEN, GARRISON, MORTON, GUANT, GUYARD, HUARD et GRAME, KREEMERS et URDANG, LAIGNEL-LAVASTINE, LECRUE, PORTAL, REUTTER DE ROSEMONT, SINGER et UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF; N. F. J. ELOY, *Dictionnaire historique de la médecine*, 4 vol., Mons, 1778; P. J. C. CABANIS, *Coup d'œil sur les révolutions et sur la réforme de la médecine*, Paris, 1804; rééd., 1956; J. LORDAT, *Exposition de la doctrine médicale de P.-J. Borthes*, Paris, 1818; P. DELAUNAY, *Le monde médical parisien au XVIII^e siècle*, Paris, 1906; F. C. O. DREWITT, *The life of Edward Jenner*, 2^e éd., Londres, 1931; L. S. KING, *The medical world of the 18th century*, Chicago, 1958; B. RAMAZZINI, *Epistolario*, Modène, 1964.

زولوجيا

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de ANKER, BOURIER, CARUS, HALL, NISSEN, PETIT et THEODORIDES, THEODORIDES; P. FLOURENS, *Histoire des travaux et des idées de Buffon*, Paris, 1844; S. d'IRSAI, *Albrecht von Haller*, Leipzig, 1930; J. TORLAIS, *Réaumur*, Paris, 1936; 2^e éd., 1961; J. R. BAKER, *Abraham Trembley*, Londres, 1952; R. HENRI, éd., *Buffon*, Paris, 1952; J. PIVETEAU, *Buffon. Œuvres philosophiques*, Paris, 1953; W. H. VAN SETERS, *Pierre Lyonet...*, La Haye, 1962; Divers, *La vie et l'œuvre de Réaumur*, Paris, 1962.

علم نبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE, GREEN, JESSEN, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, OLIVER, REED, SACHS; S. HALES, *Vegetable Statics*, Londres, 1927; rééd. 1961 (trad. fr. par BUFFON, 1735); M. DAUDIN, *De Linné à Jussieu. Méthodes de la classification et idées de stérilité en botanique et en zoologie*, Paris, 1926; A. E. CLARK-KENNEDY, *Stephen Hales*, Cambridge, 1929; H. F. ROBERTS, *Plant hybridisation before Mendel*, Princeton, 1929; A. CHEVALIER, *Michel Adanson*, Paris, 1934; B. H. SOULSBY, *A catalogue of the works of Linnaeus...*, Londres, 1933; C. ZIEGLER, *The beginnings of plant hybridisation*, Philadelphia, 1935; K. HAGBERG, *Linné, le roi des fleurs*, Paris, 1944; H. REED, *Jan Ingenhousz*, Waltham, 1949; H. C. CAMERON, *Sir Joseph Banks*, Londres, 1952; N. COURRIER, *The Princes of Botanists*, Londres, 1953; N. SANDBERG et W. HEDMANN, *A catalogue of the works of Linnaeus*, Stockholm, 1957; Linné, exposition au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1957; E. et D. S. BERKELEY, *John Clayton, Pioneer of American Botany*, Durham, 1963; Divers, *The Bicentennial of Michel Adanson's Familles des Plantes*, 2 vol., The Hunt Botanical Library, 1963-1964; A. R. STEELE, *Flowers for the King*, Durham, 1964; R. C. OLBY, *Origins of Mendelism*, Londres, 1966; W. T. STRARN, *Botanical Latin*, Londres et Edimbourg, 1967.

علم الأرض.

Sciences de la Terre : Ouvrages précédemment cités de ADAMS, CHOKER, von GROTH, MATHER et MASON, MEUSNIER et von ZITTEL; L. AUVERGNE, *Le relief et la sculpture de la Terre. Soulèvement*

et son secret, Paris, 1952 ; de LA MÉTHÉRIE, *Théorie de la Terre*, 5 vol., Paris, 1797 ; Commemoration of the 150th anniversary of the death of James Hutton (*Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. 68, 1950) ; A. LACROIX, Ch. MAUGUIN, J. ORCEL, « René-Just HAÛY, Centenaire » (*Bull. Soc. fr. Minéralogie*, vol. 67, 1944) ; J. ORCEL, Essai sur le concept d'espèces et les classifications en minéralogie et pétrographie (*ibid.*, vol. 77, 1944) ; R. HOOGKAMP, *La naissance de la cristallographie en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1953 ; Id., Les débuts de la théorie cristallographique de R. J. Haüy... (*Rev. Hist. Sci.*, t. 8, 1955, pp. 319-37).

القسم الرابع :

العلوم خارج أوروبا

بعد الاقسام الثلاثة الاولى من هذا الكتاب المخصص لدراسة التقدم العلمي في أوروبا الغربية بين 1450 و1800 . يتوجب أن ندرس المصير الذي عرفه العلم خارج أوروبا . لا شك أنه بخلاف هذه الحفبة ، كان التقديم الغربي من الاهمية بمكان ، حتى أنه بعد المقارنة ، يبدو تقديم المناطق الاخرى من العالم ، تألفاً تقريباً . فضلاً عن ذلك ، أن سياسة الاستكشاف ، والتوسع والاستعمار التي اتبعتها الدول الرئيسية في أوروبا الغربية ، أدت الى انتشار واسع للعلم وللتقنية الغربيين انتشار مهد لفهم ، بخلاف القرن 19 و20 ، علم كوني شامل عملياً .

إلا أن بعض الأمثلة تبدو متميزة بما فيه الكفاية وذات أهمية ، الامر الذي يبرر دراستها . في حين قامت في الشرق الأقصى منافسة ، خصبه بالاحداث ، تعارض العلم الغربي المستورد بالعلم الوطني المحلي ، في البلدان الخاضعة للتأثير الهندسي أدت سيطرة العناصر الاصولية التقليدية الى ترك كل بحث أصيل ، والمحافظة على علم جامد في محتواه وفي اطره الوسيطة .

وفي مختلف مناطق أميركا ، قام الاستعمار الاوربي ، بعد أن دمر وقضى على الحضارات ما قبل كولومبوس باستكشاف واستغلال الثروات الضخمة الطبيعية التي لم تكن بعد قدمت ، مع ادخال النظم والمؤسسات الثقافية الجديدة بصورة تدريجية ، مما أتاح للعالم الجديد أن يساهم ويشارك في الحياة العلمية الناشطة .

وتقتصر دواستنا هنا ، على هذه المناطق الثلاث المهمة . ذلك أن النشاط العلمي للشعوب الاسلامية وإن بدا مهماً وجديراً بالاهتمام . إلا أنه كان أقل إشراقاً بالمقارنة ، مما كان عليه في القرون الوسطى . فضلاً عن ذلك أن بقطة هذه الشعوب على العلم الحديث ، جاءت متأخرة جداً ولذا لا ندرس إلا في المجلد التالي .

الفصل الأول :

العلوم في الشرق الأقصى في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

لقد احتفظ العلم الصيني - حتى نهاية القرن السادس عشر - على الرغم من العلاقات الأكثر عدداً عما كان يظن ، مع الثقافات الأخرى في العالم القديم - بكل الخصائص الأصلية في الثقافة الصينية .

وبالعكس ابتداء من سنة 1583 ، تاريخ وصول الفلكي والرياضي اليسوعي ماتيو ريشي Mat-teo Ricci إلى الصين ، أخذت العلوم الحديثة الناشئة في الغرب تدخل إلى الصين ثم إلى اليابان .

وهكذا فتحت أمام الشرق الأقصى ، والهند والعالم العربي ، عملية بطيئة وصعبة عملية اندماج في العالم العلمي الحديث . عملية سوف تنتشر عبر ثلاثة قرون وأكثر ، لتستكمل في أيماننا فقط ، وصوف تؤدي ، في الأمد البعيد ، إلى تكوين ثقافة علمية عالمية فريدة ، بدلاً من الثقافات العلمية الإقليمية التي كان تواجهها المتزامن قد ميّز العصور السابقة .

هذه العملية التفاعلية قد تدرجت بشكل مختلف نوعاً ما في الصين واليابان . وسوف ندرس بالتتابع في كل من هله البلدان

1 - الصين

التقدم اليسوعي إلى الصين في القرن السابع عشر والثامن عشر - إن إدخال العلم الحديث إلى الصين سوف ينتج عن أسلوب « القلب عن طريق النخبات » ، وهو أسلوب اختاره المبشرون اليسوعيون ، من أواخر القرن 16 . فقد فكر « الآباء » يومئذ أنه من الممكن إظهار تفوقهم الفكري في مجالات غير دينية ؛ ثم استخدموا أهمية المكتسبة هكذا لغايات دينية .

وكان المثل قد قدمه ماتيو ريشي (1552-1610) الذي أقام في بادئ الأمر ، في الصين الجنوبية ثم ابتداء من سنة 1601 في بلاط أباطرة منغ في بكين ، حيث كان يقدم في القصر ، ويأين معاً ، الترجمات الرياضية ، وأعمال الخرائط ، ودروس علم الفلك . وقام بمساعدته متفقون ردهم إلى دينه ، تولوا تدوين الكتب العلمية الأولى الحديثة ، لنشرها باللغة الصينية . ومات سنة 1610 ، ولكن خلفاءه ظلوا

على علاقة طيبة مع أباطرة منغ ، واستمروا في ترجمة وفي تعليم العلوم العصرية كما هي مطبوعة في الغرب في زمنهم . وفي سنة 1644 عندما حلت أسرة المانشو من آل تسنغ T'sing محل المنغ Ming بقيت العلاقات جيدة ، وتولى الألماني سكال فون بل Schall Von Bell ادارة المركز الامبراطوري لعلم الفلك . ورغم جهود علماء الفلك المسلمين الذين كانت سيطرتهم غالبية حتى ذلك الحين في البلاط ، فإن مساعد بل ، واسمه فريبست Verbiest ، هو الذي تولى سنة 1669 إدارة المكتب الفلكي الذي احتفظ به أخوته في الدين حتى نهاية القرن 18⁽¹⁾ . وفي البلاط عند الاباطرة الكبار المانشو كانغهي K'ang-Hi (1662-1722) وكيان لونغ Kien-Long (1736-1796) بنى اليسوعيون الطليان والألمان والبولونيون والفرنسيون خاصة آلات الفلك ، ونظموا الخرائط للامبراطورية ، ونشروا تراجم عديدة . وعالج الأب فونتاني كانغهي Fontaney K'anghi بالكينا المطلوب من فرنسا . وكلف ب جريون P.Gerbillon بالتفاوض باسم الامبراطور بشأن معاهدة نرتشنسك مع روسيا (1689) . وبالمقابل سمح لهم بالقيام بنشاطات انجيلية يبدو إنها لم تكن مثمرة بمقدار نشاطاتهم العلمية . ولكن حل « جمعية يسوع » ، في أواخر القرن الثامن عشر ، وكذلك التدابير التضييقية التي أدخلت الحكومة الصينية بانغلاقها يومئذ تجاه الاجانب ، وجبعت نهاية لهذا الدور النقلي العلمي الذي لعبه ، طيلة قرنين المبشرون اليسوعيون . ونقدم عن هذه الأعمال الثقيلة جدولاً مختصراً .

من المعلوم أنه على أساس خط الاستواء السماوي ، لا على أساس الاهليلج ، بنى الصينيون ، من القرون الوسطى ، علم فلك كمي ذي موقع متقدم جداً ، مع احتفاظهم بأفكارهم القديمة حول السماء الواسعة الفارغة ، المحتوية على نقاط نور . أما اليسوعيون ، فبالعكس ، في دروسهم وتراجمهم ، فقد أدخلوا النظام الوحيد المقبول في أوروبا زمن ريشي ، وهو نظام بطليموس : كرات وحيدة المراكز ، تحمل مختلف الكواكب ، وفلك البروج المتخذ كأساس للحسابات الفلكية . وظلوا أمثال له فيما بعد رغم تقدم علم الفلك الأوروبي في القرن السابع عشر والثامن عشر ، لأسباب سوف نعود إليها .

إن المثة فصل ، في الانسيكلوبيديا الفلكية لسكال Schall ، سنة 1645 ، ظلت تركز على المبادئ البطليموسية ، وكذلك (حتى في سنة 1738) بقيت أيضاً المباحث الصينية في علم الفلك التي وضعها ب كوغلر Koegler وب بيريرا Pereira .

وفي تقنية الملاحظات الفلكية ، لم تكن المقدمات اليسوعية اقل ضخامة : أساليب أكثر دقة

(1) إن أشهر المدراء اليسوعيين ، في المكتب الامبراطوري الفلكي « (وليس الرؤساء ، كما يدعي بعض المؤرخين المحولين على النبالغة في إضفاء الأهمية على دور اليسوعيين ، لأن هؤلاء لم يتوصلوا أبداً إلى حل هذا اللغز) هم : فريبست Verbiest (1669-1688) ، غريمالدي Grimaldi (1688-1712) كوغلر Koegler (1720-1746) دي هالستين De Hallerstein (1746-1774) ، أليدا Almeida (1783-1805) .

لحساب الكسوفات ، بناء المراصد (وكان أول مرصد قد أدخل سنة 1618 على يد ب. شريك Schreck أو تيرنتيوس Terrentius) وغيرها من الآلات الأخرى العديدة ، وكذلك وضع كرات مسطحة Plamisphère سماوية مثل كرات سكال ، وفيها بعد ، كرات كوغلر Koegler ، مراجعة الروزنامة الصينية وفقاً لنظام مختلط - قمري - غريغوري .

ولكن في بعض الحالات ، كما في بناء الكرات المحلفة المرتكزة على فلك البروج ، لم تكن هذه التجديدات من قبل اليسوعيين تقدماً علمياً بحق ، بل كانت في الواقع تدبيراً تقهقرياً بالنسبة إلى علم الفلك الاستوائي المتبع منذ زمن بعيد من قبل الصينيين⁽¹⁾ .

وفي الرياضيات نشر اليسوعيون عدداً مهماً أيضاً من الترجمات ومن المجموعات باللغة الصينية . وقد حرر ريشي بنفسه سنة 1607 ، بالتعاون مع المثقف المسيحي لي تشي تساو Li Tche-Tsao ، كتاباً صغيراً في المثلث القائم (كيو كوي) ؛ وترجم بذات السنة بمساعدة بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i الكتب الستة الأولى لأقليدس ، المتعلقة بالهندسة المسطحة (كي - هويوان بن) . ونشر ب. رو P.Rho ، سنة 1628 ، كتاباً في التحليل التبييري [نسبة إلى نير خترع اللوغاريتمات الطبيعية] ، أكمله سموغولنسكي Smogolenski وسي فونغ تسو Sie Fong-Tsou سنة 1654 ، بجدول جديدة في اللوغاريتمات . ونشر تيرنتيوس Terrentius سنة 1631 كتاباً في علم المثلثات . وفي القرن 18 ، كان جارتو Jartaux أفضل عالم رياضي يسوعي فوضع سنة 1701 تسع صيغ مميزة حول السلاسل اللامتناهية .

وفي الفروع العلمية الأخرى ، لم يكن اليسوعيون أقل نشاطاً في إدخال المعارف الجديدة إلى الصين في عصر النهضة الغربي . وحرر تيرنتيوس Terrentius سنة 1625 « مختصراً للجسم البشري » ، ونشر بارينان Parrenin في مطلع القرن 18 « التشرية المنادش » ، مستلهماً رسوم « تشرية الانسان بحسب دورة الدم » ، المنشورة في باريس سنة 1690 من قبل ديونيس Dionis وأقام المبشرون في قصر كيانغ هي مختبراً للصيدلة ، حيث كانوا يعملون مسترشدين بكتاب الاجزاليات لفرنسوا موبيز شاراس (1619-1698) .

وترجموا أو جمعوا ايضاً كتباً حول المنظورات (1626) ، وحول الهزات الارضية (1626) و(1679)

(1) والصراع الذي قام ، في السنوات الأولى من حكم السلالة المنشوية ، بين سكال وفريست Schall et Ver-biest والفلكيين المسلمين في بكين كان يدور حول هذه النقطة . وكان اليسوعيون يأخذون على المسلمين أخطاءً في الروزنامة ، في حين أن حسابات هؤلاء المرتكزة على معطيات ارضادية ، كانت بالضرورة مختلفة عن معطيات اليسوعيين المرتكزة على فلك البروج . إنما لدواعٍ سياسية فقط عمد الامبراطور الشاب كانغ - هي ، الحريص على التخلص من وصاية القيمين عليه ، وبأمر زعزعة الفلكيين الرسميين في البلاط الذين كانوا يدممون هؤلاء القيمين ، إلى إعطاء الحق لليسوعيين سنة 1669 ، رغم ضعف وثافت وجهات نظرهم من الناحية العلمية .

وحول الترمومتر (1671) وحول الضوء والاصوات (1617) وهكذا دخلت الى الصين لوالب ارخميدس التي كانت غير معروفة فيها يومئذ . ولتسلياة كانغ هي Kang-Hi صنع المبشرون الملحوقون بالقصر بلبلا يستطيع الغناء بفضل نافورات من البخار تمر كي أنابيب أورغ ، وعربة وقارباً صغيراً يتحركان بتوربينات بخارية (حققت سنة 1671 من قبل ب. غريمالدي P. Grimaldi) وساعات ذات محركات متعددة .

وقد علق كانغ - هي وكين لونج Kang-Hi et Kien-Long ، لاسباب سياسية ، أهمية خاصة على القدرات الجغرافية لدى الآباء . وسارت مجموعة من صانعي الخرائط اليسوعيين ، مع كلنغ - هي بلاندرتاريا ، وغطيت الصين كلها بالمثلثات بين 1708 و1717 . وقاس ب. توماس في سنة 1702 في الصين درجة خط الطول الأرضي ونشرت خارطته سنة 1718 ، من 35 ورقة مخفورة على الخشب . وفي أيام حكم كينغ لونج ، سنة 1769 قام ستة خرائطيون يسوعيون برسم آسيا الوسطى على خارطة صينية كبرى من 104 ورقات ، ظلت حتى القرن التاسع عشر أفضل من الاعمال الأوروبية المماثلة :

حدود هذا التقليد - إذا كان هذا التقليد العلمي من جانب اليسوعيين ملفتاً بضمخاته ، فانه يتميز بالدرجة الاولى بأفضلية الاهتمامات الدينية لدى مؤلفيه . فالمبشرون لم يدخلوا علوم الغرب الحديثة إلا لانهم كانوا يأملون باستجلاب الامبراطور والقادة في الامبراطورية الى دينهم . وفي نظرهم تكمن قيمة العلم الحديث في نشأته المسيحية في تفوقه الذاتي على العلم الصيني الوسيط . وهنا يوجد أشكال اساسي . فسكال Schall سمى (« كتاب علم الفلك » الرزنامة بحسب الاساليب الجديدة في الغرب ») ، موسوعته الكبرى الفلكية لسنة 1645 . ولكن كتف هي طلب عند اعادة طباعة هذا النص ، تغيير هذا العنوان -إسدا له بالتالي : « كتاب في الرياضيات بحسب الاساليب الجديدة » . وبين الامبراطور بالتالي عن رغبته في الاستفادة من معارف الغربيين ، فقط لانها أكثر تقدماً (حرفياً) من علوم الصينيين ، وليس لانها تثبت تفوق الغرب غموساً (حرفياً) (1) . ولكن المبشرين استمروا يماهون الدين المسيحي والعلم (الغربي) وترددوا من هذه الناحية في إعطاء الصينيين علماً بالتحويلات الجديدة في العلم الغربي في أوروبا (رغم ضخامة هذا التحول طيلة هذين القرنين ، وذلك خشية رمي الشكوك أيضاً في عقيدتهم الدينية) .

من هنا المعنى العميق للمحافظة العنيدة على البطليموسية : ان نظام غاليلي (رغم نقضه من قبل الكنيسة) كان لاحقاً لأعمال ريشي Ricci في الصين ، وكان إذاً يضح الشك في مجمل تعاليم هذا الأخير ، بما فيها المجال الديني . أليس من الغريب الملفت أنه في الوقت الذي تغل فيه تيكو براهي Tycho Brahé في أوروبا عن الدوائر البروجية ميلاً الى الدوائر الرصدية ، توصل ريشي Ricci

(1) كتب سكال في رسالة بتاريخ تشرين الثاني 1640 « أن كلمة (إذا) الغربية غير مقبولة لدى الصينيين ، والامبراطور في إرادته لا يستعمل إلا كلمة (جديد) : الواقع أن الكلمة الأولى لم يستعملها إلا الذين يريدون إهانته » (ذكرها هـ . برنار متر H. Bernard - Maître مونومتا سريكا ، 1937 ، 3) .

الى اقناع الصينيين بالعدول عن هذه الدوائر التي كانوا يعرفونها من عدة قرون ، والعودة الى نظام فلك البروج . هذا العجز الذي اظهره اليسوعيون في تتبع الحركة العلمية في الغرب ، بدأ في عدة مناسبات . من ذلك ، في سنة 1710 ، اقترح ب . فوكيه P.Fouquet تحسين أساليب الحساب المستعمل في بكين ، وذلك بادخال الجداول الجديدة التي وضعها لاهير La Hire في باريس . ولكن ب فيزيتور P. Visiteur رفض : « حتى لا نظهر بمظهر من مظهرنا ما جاهد سابقونا في اقراره ، وحتى لا نفسح المجال أمام اتهامات جديدة ضد الدين »⁽¹⁾ .

من المستحيل تجاهل هذه الصفة الجامعة جزئياً والمتحجرة ، فيها قدمه اليسوعيون من علم الى الصين⁽²⁾ .

وقد سبق ورأينا ، وخاصة في مجال العلم التطبيقي أن اليسوعيين « اطلعوا » الصينيين على العلم الحديث يومئذ : أعمال حول الثلاث في القرن الثامن عشر ، الكينا ، العربية البخارية لغريمالدي Grimaldi ، الجداول التشرحية ..

وانجه تكتيك التسرب الديني المختار من قبل اليسوعيين ، من جهة أخرى الى الحد من نطاق نشاطهم العلمي وقصره على البلاط . إذ كان مهم استجلاب الامبراطور (وكان كنفه هي عبقرية موهوباً) ، ثم تسليته بتجارب وبآلات مسلية ، ثم ربطه والسيطرة عليه بفعل الشفاء الموفق ، ومساعدته في حسن سير الجهاز الحكومي وذلك بوضع خرائط أفضل أو بتحسين الرزنامة . ولكن كل هذا ظل محصوراً في بكين ، حتى في « المدينة المنوعة » ، بين كبار الموظفين والمخاصي .

اي بعيداً عن المناطق في باس ينغ - تسي Bas-Yangtsé (شيكيان ، أنهو ، كيافن - سو Che-kiang, Anhoui, Kiangsou) . أو في كوانغ تونغ Kouangtong التي كان تقدمها الاقتصادي هو الاكثر بروزاً في الصين ، وحيث كانت هناك نواة إنتاج رأسمالي . وإذا بعيداً عن الطبقات في المجتمع الصيني ، حيث ثمار العلم الحديث كان يمكن أن تخصب بشكل أفضل . ثم يجب أن نلاحظ أن ريتشي Ricci ، قبل أن يصل الى البلاط الملكي ، اختار لفترة معينة هذه المناطق كمركز لنشاطاته . إذ بين التجار في تشاوسينغ فو ، قرب كتون ، اختار أن يبني أول كرة مسطحة له . ثم علم فيها بعد في نانت - شينغ ثم في نانكين ، في منطقة باس - ينغ تسي . كتب يقول في رسائله : « كان التجار يأتون نحوه بالاعداد » وكذلك مثقفو هذه المناطق الاكثر نشاطاً . وكان أفضل معاونيه الصينيين من بين هؤلاء ، وبخاصة بول سيو كوانغ كي Paul Sui Kouang-K'i وهو من صاحبة تشنغهاي . ولكنه تخطى

(1) ذكرها ل . بفيستر L . Pfister : ملاحظات جيوجرافية وبيبلوجرافية حول اليسوعيين في البعثة التبشيرية القديمة في الصين ، شنغهاي Changhai ، 1932 ، ص 551 .

(2) هذا الرأي هو أيضاً ما يأخذ به ج . ل . ديفنداك J. I. L. Duyvendak (تونغ باو Toung Pao ، 1948 ، ص 328) : « إن الصين ، عندما تلقت العلم الغربي ، تلقت بشكل بدا فيه عتياً ومتأخراً ، مبدئياً » .

سريعاً ، الى بكين ، عن هذه المناطق حيث كان يمكن أن يوجد قاعدة اجتماعية أكثر ميلاً الى انتشار العلم الحديث . وقلده خلفاؤه . والعربة البخارية التي بناها غريمالدي سنة 1671 لم يعلن عنها إلا لسد فضول رجال البلاط الكسالى . وهذه التقديرات اليسوعية ، بحكم صفتها بالذات لم تكن مؤهلة إلا لانتشار ضعيف .

انتشار التقديرات العلمية اليسوعية في الصين . الى اي حد استطاع العلماء الصينيون تمثيل المعارف العلمية الغربية التي جلبها اليهم اليسوعيون ؟ وإلى أي مدى هضموا هذه التقديرات في أعمالهم وفي ممارستهم العلمية ؟ ، نظراً لانعدام الأعمال المتاحة من الصعب الاجابة على هذا السؤال ، وأصعب منه وضع كتلوع بتقديرات اليسوعيين بأنفسهم . ويجب أن نكتفي هنا بالإشارة الى بعض المؤشرات الجزئية .

في بكين مثل الفلكيون الصينيون من المجمع الامبراطوري الفلكي « كين تين كين » أساليب زملائهم من الغرب : رأينا أن سي فونغ تسو Sie Fong-Tsou ، تلميذ اليسوعي سموغولنسكي Smogolenski قد وضع أول كتاب صيني خالص ، يستعمل اللوغاريتمات النيبيرية : إنه معالجة لحساب الكسوفات نشر سنة 1650 . واستفاد الفلكيون الصينيون من الآلات الجديدة المجلوبة من أوروبا ، وفي سنة 1757 ظهر في بكين كاتالوغ صيني فيه 3083 كوكباً ثابتاً ، وقد أنجزه بالتعاون ب كوغلر P. Koegler وب. روكا et da Rocha مع ليوسونغ لينغ Lieou Song-Ling . وقام بعض الفلكيين الصينيين ببحث أصيل حول أساس المعطيات التي جاء بها اليسوعيون . وبعد 1640 ، نشر ونغ سي تشان Wang Si-Tchan كتابه « تحليل حركات الكواكب الخمسة » (هوسينغ هونغ تو كي) كما نشر نقداً لنظام بطليموس ، وفضل عليه نظاماً قريباً من نظام تيكونبراهي Tycho Brahé وقوامه الكواكب الدائرة حول الأرض والأرض حول الشمس دون أن يعرف أو يطلع على أعمال هذا الأخير . وعاد شينغ ب. أول Ch'eng Pai-eul في القرن الثامن عشر الى نفس النظام .

وإذا فالعلماء الصينيون لم يندمجوا ببساطة بعلم الفلك الذي جاء به اليسوعيون . ففي الموسوعة الكبرى التي جمعت أيام ملكية كانغ هي من قبل المثقف تشن من لي Tchen Meng-Lei التي تضمنت « جميع الكتب والصور القديمة والحديثة » أعيد طبع سن فالي شو لسكال Schall وفريبيست Verbiest . ولكن أيضاً مع كاتالوغات النجوم وفقاً للكونسولوجيا القديمة الصينية مع لوائح قديمة بالكسوفات والمذنبات ، وتاريخ لأقدم الآلات الصينية في علم الفلك .

وفي مجالات أخرى أيضاً تعايشت التقديرات الغربية والتراث الصيني جنباً الى جنب . وعمر بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i للمثقف المسيحي صديق ريشي كتاباً في الاغرونوميا (هو نونغ تشنغ سيوان شو) ونشر سنة 1639 ، وأعيد نشره سنة 1742 وسنة 1843 . وقد استلهم فيه الكتب القديمة الصينية الزراعية ، ولكنه لم يهتم بدراسة اليسوعي أورسيس حول الماكينات الهيدروليكية في الغرب . وكذلك اشتهر رسامون صينيون من القرن السابع عشر أمثال تساو بنغ تشن Tsiao Ping- Tchen حاولوا أن يرسموا وفقاً لقواعد المنظور الغربي التي ادخلها اليسوعيون . في حين أن غالبية

الرسامين ظلوا أمناء للمنظور الصيني التقليدي .

ولكن في مجال العلوم الرياضية بشكل خاص ، يمكن إدراك مقدار النقص في الاندماج بين العلم الحديث والعلوم الصيني التقليدي . إن الموسوعة الكبرى العلمية التي نشرت سنة 1723 بناءً لامر كنغ بالذات ، وعنوانها « ليوي يون » = بحار الحسابات الرزنامية « كتبها المثقفان هو كوسونغ لو Ho Kou-Tsong ، مي كوتشنغ Mei Kou-Tch'eng وكذلك العديد من المعاونين ، وتضمنت أوسع مكان للأعمال الحديثة ، والقسم الثاني منها خصص للتصاعديت ، وللعمليات الحسابية ، وللجذور التربيعية ، وللحسابات التريغونومترية ، وللوغاريثات ، المعروضة على الطريقة الأوروبية . أما القسم الثالث المتعلق بنظرية الموسيقى ويالات الموسيقى الصينية والغربية فهو بصورة مباشرة من صنع ب . بيريرا P.Pereira (يسوعي) وب . بيدريني P.Pedrin (عزارى) .

وانطلاقاً من هذه العناصر الغربية أكمل العديد من الرياضيين الصينيين بحثاً أصيلة . فنشر الفيلسوف تي تشن Tai Tchen (1724-1777) كتاباً كبيراً حول الآلات ذات المروحة مستوحى من تفحص حياة ارخميدس . وجر أيضاً ، وهو ابن 20 سنة ، كتاباً ضخماً في العبدان النيبيرية للحساب . والى المشو مغانتو Mingantou الذي كان في القرن الثامن عشر رئيس مكتب علم الفلك انطلاقاً من معادلات جارتو Jartoux حول السلاسل اللامتناهية : « طريقة سريعة لتحديد مساحة المقاطع » (كويوان مي شوي سي فا) . وفيها يعرض مثلاً ، لحساب الزتر في قوس لا متناهي الصغر وخص ، المعادلة التالية :

$$a = -c + \frac{1}{3.4} c^3 + \frac{9}{5.4^3} c^5 - \frac{328}{7.4^5} c^7 \dots$$

وكذلك تونغ يوتشينغ Tong Yeou-Tch'eng (1791-1823) ، مستعيناً هو أيضاً بمعادلات جارتو Jartoux ، حسب محيط الاهليج : (حيث a تساوي المحور الكبير و b المحور الصغير)

$$\text{نصف المحيط} = \frac{1}{2} (a^2 - b^2) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) b^2 \pi^2$$

نقطة العلم التقليدي - ولكن بفعل عملية ارتدادية أدى دخول العلوم الرياضية الغربية الى الصين ، وبدأت الوقت الى قيام نقضة في العلوم الرياضية الصينية القديمة .

فمنذ العصر المغولي فقد المثقفون الصينيون ذكروا الرياضيين الكبار في ازمة هان ، تان ، وسونغ بصورة خاصة ، وهي حقبت كانت قادرة في الماضي على معرفة القيمة الصحيحة لـ π ، ومعرفة نظرية الاعداد السلبية ، والمثلث الحسابي ، وجبر أصيل مستكمل هو تين يون .

ولكن في القرن السابع عشر ، تردد المثقف مي ون تنغ Mei Wen- (1635-1721) وهو يدرس بانتباه كتب اليسوعيين في الرياضيات ، في أن يرى فيها تجديدات حقبة . وهكذا توصل الى استعادة النصوص التي غطاها النسيان ، نصوص الرياضيين سونغ حول الجبر مثلاً . وقمت العودة الى مخطوطاته غير المنشورة ، في القرن 18 ، من قبل حفيده مي كوتشنغ ، وهو واحد من محرري الموسوعة العلمية لكانغ هي ونشرت هذه المخطوطات تحت عنوان « لآليء عثر عليها في النهر الاحمر » (تشي

شوي بي لنغ) . وبعد العالمين مي Mei قام رياضيون آخرون فأحيوا الرياضيات القديمة الوطنية : ومنهم لي جوي Lijouei ، الذي كتب في القرن 18 كتاباً كبيراً حول الجذور الحقيقية والخيالية مركزاً على مبادئ تين بوان ؛ ثم كونغ كي هان Kong Ki-Han الذي أعاد نشر كتاب الحساب من زمن هان Han ؛ ولوشي لن Loche-Lin الذي عثر على نسخة قديمة من كتاب سي يوان يوكين (المرأة الثمينة للعناصر الأربعة) ، وهو كتاب رياضي من الحقبة المغولية فنشوه .

وفي القطاعات مثل قطاع الطب أو الجغرافيا كان تقديم اليسوعيين ذا تأثير أكثر ضعفاً أيضاً فقد ظل اليسوعيون في القرن الثامن عشر يجمعون الموسوعات الطبية ، في حين كان بارنيتان Parrenin ينشر ألواح « التشريح المنشوي » . وكانت هذه الموسوعات لا تحتوي إلا الوخز بالإبر والتشخيص عن طريق النبض وغيرها من التقنيات التقليدية : مثل ذلك في سنة 1749 « كاو تسونغ يونتغ بي تسونغ ، كين كيان » (المرأة الذهبية في الطب) ؛ ومرسوم ذو استلهم تقليدي ، يقضي على أطباء البلاط ، في سنة 1734 بوجوب تقديم التضحيات الطقوسية لصالح الأطباء الأقدمين . وكتب الجغرافيا هي أيضاً ، بدت خلواً من كل تأثير أوروبي عملي . وكانت البحوث حول الهيدروغرافيا عديدة ، مثل شوي - تاو تيانغ « الوصف الكامل للأنهار والسدود » للمؤلف تشي شاونان Ts'i Chaonan (1776) كتاب لا مثيل له في الأدب الغربي في ذلك الزمن ، أو الموجز التاريخي لأعمال الحماية الشاطئية في شيكيانغ (1751) ؛ « كتاب الأنواء » المنشور سنة 1781 للمؤلف يو سي - كيان Yu se-K'un ، وهو كتاب أصيل يعالج نظرية القمر حول منشأ الأنواء ، كل ذلك مع إعادة طباعة الكتب القديمة حول هذا الموضوع مثل « هي تاو تشي - لو تشومونغ » (القرن 18) . كما نشرت غالباً ، أوصاف مفصلة لمجمل الامبراطورية ، مثل تا تسنغ بي تونغ تشي Ta-Ts'ing Yi Tong-Tche أو لمقاطعات وأقاليم خاصة ، في القرن 18 ، على نسق الأعمال الجغرافية القديمة .

العوامل الداخلية للتجميدية - وإذن فالعلم الصيني في القرنين 17 و18 كان بعيداً جداً عن تحقيق تقدم شبيه بالنهضة العظيمة للعلم الأوروبي في ذلك الوقت ، حتى ولولد على حيوية أكيدة بتأثير التقديمت الغربية والنهضة في الرياضيات القديمة الوطنية . من هذا الجمود النصف لم تكن الشروط السيئة ، التي تمت بها هذه التقديمت الأجنبية هي الوحيدة المسؤولة . لأن التأخر العلمي السائد يومئذ في الصين ، مقارنة مع الغرب مرتبط بشكل وثيق بنمو المجتمع الصيني الحديث ، في مجمله نمواً بطيئاً .

ففي الصين الامتدادية والبيروقراطية ، صين القرنين 17 و18 ظلت الكونفوشيوسية الفلسفة الرسمية . وكان المؤلفون الكبار والمتفنون يؤخذون بموجب امتحانات لا يطلب فيها إلا المعرفة بالفكر الصيني الكلاسيكي ، من دون العلوم . وهكذا نجد تفسيراً لسقوط الرياضيين صونغ Song في النسيان طيلة 10 قرون إلى أن جاء العالمان مي Mei ، في حين كان كل طالب يعرف عن ظهر قلب الحكم التي مضى عليها 2000 سنة ، حكم كونفوشيوس Confucius ومنشويوس Mencius . هؤلاء المتفنون الكونفوشيون في غالبيتهم كانوا متشبعين باحتقار البحث العلمي والممارسة العلمية ، وهذه

« النشاطات التدخلية » (آ. ج. هودريكور A.G. Haudricourt) في عالم الطبيعة . كتب فنغ شن Fung Chen ، ابن رئيس وزراء الامبراطور كين لونج Kien-Long ، وكان من أعين الامبراطورية ، كتب في بداية القرن التاسع عشر قصيدة ذات دلالة مخصصة بالميكروسكوب : « بواسطة الميكروسكوب يمكن أن نرى سطح الأشياء . فهو يكبرها ، ولكنه لا يكشف عن حقيقتها ، إنه يظهر أي شيء أعلى وأعرض ، ولكن لا تظن أنك ترى عندها الأشياء بالذات » .

(ذكره هن. برنار H. Bernard في بنشن صحيفة الدراسات الاجتماعية آب 1941) .

هذا يتعلق بفلسفات الماضي ، وهذا الاقلاق عن العلم وإمكاناته متلاحقان لا يفصلان عن ضعف نمو الاقتصاد التجاري في الصين وعن سيطرة إنتاج زراعي اقطاعي ذي تقنيات تقليدية . ومن الملحوظ ان العدد الصغير من المثقفين الذين ابدوا اهتماما حقيقيا بالعلوم (مثل المشاركين في الموسوعة العلمية موسوعة كونغ هي) كانوا في معظمهم من أصل من المناطق الصينية الشرقية ، وقد سبق وذكرنا نهضتها الاقتصادية النسبية . من ذلك الجغرافيون تسي شونان ، وشي كيان ، وفان كوان تشن من انهوي ومثل الفيلسوف الرياضي « بي - تشن » Tai-Tchen احد العباقرة النادرين في الفكر الصيني من القرن الثامن عشر ، وكان ابنا لتاجر من مدينة انهوي . ومثلهم الرياضيون لي جوي وتشانغ سونان ، وهما باعثا الجبر القديم ، وكانا معاً من العاصمة القديمة المتاجرة والغنية « سوت شو » على « الباس ينغ تسي » . ومن سوت شو أيضاً جاء الفلكي فنغ كوي فن Feng Kouei-Fen الذي نشر سنة 1850 جداول مرور مئة نجم في خط المراجعة ودل بدقة على صعودها وهبوطها . وفي ينغ تشو وهي مركز كبير تجاري وصناعي في هذه المنطقة ، تولى لوشي لن Lo Che-Lin في بداية القرن 19 اعادة نشر حيلة الرياضيين من العصر المغولي . أما العالمان مي ، الجلد والحفيد فهما أيضاً من عائلة قديمة من الانهوي .

ولكن لماذا هذه البذور لاقتصاد متجبر ولاتنتاج تصنيعي ، ولماذا هذه البذور لنهضة علمية ، لم تنم أكثر من ذلك ؟

لماذا لم تصبح هذه الاقاليم في باس ينغ تسي ، مثل « البلدان المنخفضة » الصينية ، فتحفز العلم بنشاطها الاقتصادي كما حصل ذلك في هولندا في القرن 17 ؟ ان الكلام هو لمؤرخي الاقتصاد الصيني .

II - اليابان

العلم الوطني - لم تتطور الحضارة اليابانية في القرون الوسطى إلا كما لو كانت في ظل الصين آخذة عنها الكتابة الايديوغرافية (الكتابة الرمزية) ومفاهيمها السياسية الدينية (البوذية والكونفوشية) وتقنياتها الاساسية . وكذلك لم يوجد العلم الياباني الا كقطعة من مقاطعات العلم الصيني : جبر تين يوان . (في اليابانية تنزان) ، طب ، علم فلك . وابتداءً من القرن السابع عشر بشكل خاص ، وفي أيام حكم السلالة الاقطاعية ، سلالة طوكوغاوا Tokugawa (1603-1867) التي

مارست نوعاً من السيادة القيادية في القصر ، الى جانب الامبراطور (ميكادو) العاجز ، استطاعت اليابان أن تؤكد تماماً ، بالنسبة الى الصين ، على خصوصياتها القومية . وقام علم ياباني خالص ، يتطور على حدة خاصة في المجالات الرياضية وفي مجال الطب .

ولم يستعمل الرياضيون اليابانيون الأوائل لحساباتهم إلا عيدان الخيزران (صانفي) (الماخوذة من زملائهم الصينيين . أما المعداد المستعمل في الصين منذ القرن الثالث تقريباً ، فلم يدخل الا في أواخر القرن السادس عشر إلى اليابان تحت اسم صُورويان (من الصينية سوان بان اي جدول الحساب) ، وتضمن هذا المعداد بمعدل 21 عوداً يقطعها حاجز طولي ، في احد جهاته يعمل كل عود خمس كرات وحدات ومن الطرف الآخر كرة تساوي خمس وحدات . هذا الجدول (راجع الصورة اربعين) يسمح بكل العمليات الحسابية ، ولكنه إنتشر بشكل خاص عند التجار . ومال الرياضيون الى احتقاره واستمروا يفضلون عليه في أعمالهم النظرية عيدان الخيزران. وفي القرن السابع عشر ، استطاع الرياضيون اليابان أن يتجاوزوا زملائهم الصينيين . وكان محفزهم هو سيكي كوا (Seki Kowa) (تاكازو) (1642-1708) من عائلة ساموراي . وقد كان هذا الرجل محفزاً أكثر مما كان باحثاً . ولكن المدرسة التي أسسها ، والمدارس المنافسة التي ظهرت فيما بعد ، كانت قادرة على مواجهة المسائل الأكثر تنوعاً .

وقد توصل اليابانيون الى قيم لحرف π قريبة جداً . في سنة 1639 اقترح إيمامورا شيشو -Imamura Chisho فقط 3,162 . ولكن إيدا أمي (1747-1817) وضع السلسلة التالية :

$$\frac{\pi}{2} = 1 + \frac{11}{3} + \frac{21}{3.5} + \frac{31}{3.5.7} + \frac{41}{3.5.7.9} + \dots$$

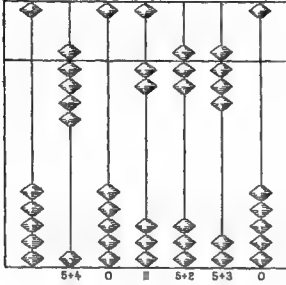
أما صاكابي كوهان (Sakabe Kohan) (1759-1824) وهو ساموراي آخر أصبح رونين أو فارساً متجولاً فقد وضع السلسلة التالية :

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{5} - \frac{1.4}{5.7.9} - \frac{(1.3)(4.6)}{5.7.9.11.13} - \frac{(1.3.5)(4.6.8)}{5.7.9 \dots 15.17} - \dots$$

وفي مطلع القرن التاسع عشر عرفوا في اليابان قيمة لـ π تتضمن 26 كسراً صحيحاً . وتحت اسم ينري (أو انري : مبدأ الدائرة) ، مورست نوعية من الحساب المتكامل عزي اختراعها ربما خطأ الى سيكي ، في حين أنه يعود الى تلميذه تاكيبي كينو (Ta-Kébé-Kenko) (كاتاميرو وهو ساموراي آخر) . وتطور مفهوم ينري في القرن الثامن عشر على يد الساموراي أجيا شوكوين (Ajima Chokuyen) الذي استكمل عمله من قبل يادا ياسومي (Wada Yasusi) (1787-1840) ، ساموراي مقاطعة هارما . وقد حسب هذا الأخير مثلاً سطح الكرة بأخذ أقصى الفرق بين أحجام كرتين موحدي المركز .

وقد عولجت أيضاً دراسة المعادلات غير المحددة ، مثلاً من قبل ايدا أمي (Aida Ammei) بمناسبة المعادلة

$$x^2 + y^2 + z^2 = w^2$$



صوره رقم 40 - العدد 90278 على الصوريان
(كرات موضوعة قرب الحاجز الوسط)

وكانت أيضاً مسائل الدوائر المتماثلة
المجسوسة ضمن مثلث، أو ضمن دائرة أو
ضمن مقطع من الدائرة (وتسمى في هذه
الحالة مسائل المروحة) هي أيضاً شائعة
جداً. وحل أجيبها Ajzima مثلاً مسألة
الدوائر الثلاث المتماثلة والمجسوسة ضمن
مثلث، مسألة دوائر مجسوسة تحتاج داخل
دائرة كبرى

أما المربعات السحرية من أصل
صيني، فظلت معروفة ومشهورة
وكذلك جبر تنزان (اندونيزي) ويواسطته
استيتي سكي Seki فكرة المحلّد
وكذلك الأسلوب المسمى «أسلوب
هورنر Horner»، وساد مناخ من البحث

الناشط في هذا اليابان الاقطاعي، اقطاع طوكو غاوا Tokugawa. وكان التحفيز العلمي يتم
بفضل تعلق مسائل مرسومة على ترس في المعابد يقترحها عالم رياضي على منافسيه. وهذه حركة
تجديد فرويبي لا تثير العجب من قبل هؤلاء العلماء الذين كانوا في معظمهم من الساموريين القدماء.

والطب الياباني هو أيضاً انطلق من الطب الصيني ففي ظل حكم آل طوكوغاوا ادت نهضة
الفلسفة الصينية الكونفوشية الجديدة عند آل صونغ الى نهضة في طب الصونغ. واستمر العديد من
الاطباء اليابان يركزون أعمالهم على نظرية العناصر الخمسة (وهي الخشب، النار، الأرض،
المعدن، الماء) وكلها ممثلة في الجسم البشري، وعلى نظرية تطابق الكون الأكبر مع العالم الصغير أي
الانسان. ولكن ككرة فعل ظهرت مدرسة كواي هو Ko-i-Ho التي انتقدت طب الصونغ واقترحت
العودة الى الطب الصيني في بداية الكونفوشية. من ذلك ان غوتو غونزان Goto Gon- (1733-1659)
zan عزا الامراض الى سوء الدورة في النفس الحيوي. ولكن هذه النظريات القديمة لم تعن تحملاً تقدم
الطب العملي: فقد قام تلميذ من تلامذة غوتو Goto بنسب الى المصادر الحارة مفعولاً على البنوما،
ويدرس خصائصها اي خصائص المصادر الحرارية على الاستطباب. وفي القرن 18 نشر كاغاواجين
تسو Kagawa Genetsu مطولاً في القبالة سماه السانرون. واستمر يعتمد النظريات القديمة إنما فيها
خص نمو النظفة وكذلك العناية أثناء الوضع، والمعالجة بعد الولادة. واطهر حساً دقيقاً في
الملاحظة. ويحه خال ظاهرياً من تأثير غربي.

الاتصالات بالعلم الغربي - هذه المسألة مسألة تأثير العلم الغربي تطرح نفسها منذ وجوب

تقديم بيان بالعلم الوطني الياباني في العصر الحديث . لان اليابان كالصين ، كانت منذ نهاية القرن 16 قد اصبحت على اتصال بالعلم الاوربي وتطورت هذه الاتصالات عبر 3 مراحل مختلفة جداً : مرحلة يسوعية وبرتغالية حتى سنة 1630 ؛ ومرحلة هولندية خفية 1630-1720 ؛ ومرحلة هولندية شرعية 1720-1868 .

في أواخر القرن 16 وصل الى اليابان الغربيون الأولون ؛ وكانوا يسوعيين برتغاليين « ننين جن » (برابرة بحر الجنوب) . واتبعوا في اليابان تكتيكاً مشابهاً لتكتيك ريشي في الصين واكتشروا من النشاطات العلمية . ونشروا كتباً في علم الفلك وادخلوا الكتب التي كانوا يطبعونها بذات الوقت في بكين . وفتح ب . الميدا P.Almeida مستشفى ومنه انتشرت جراحة برابرة الجنوب (نانسان روي جيكا) . وزرع الاطباء البرتغاليون قرب كيوتو 3 آلاف شجرة ونبات طبية مجلوبة من أوروبا . وقام التلامذة اليابان ، تلامذة المبشرين بنشر العديد من المؤلفات الطبية : 55 قبل 1600م منها 10 مطبوعات في الجراحة و8 في طب العيون و5 في الامراض النسائية . . .

ولكن لاسباب سياسية اتخذت الحكومة اليابانية اجراءات سريعة ضد الدعاية الدينية التي يقوم بها المبشرون الذين اتصلوا باقطاعين عصاة . واعتبرت المسيحية خارج القانون . وسوف يصبح العلم الحديث في اليابان قريباً بالعقيدة المسيحية أكثر مما هو في الصين . وفي سنة 1630 صنع قيم القصر او الشوغون كل كتب العلم الغربية باعتبارها من أدوات الدعاية اليسوعية أما الكتب القائمة فقد اتلفت ومنعت استيراد كتب جديدة واعدم الفلكيون الميالون إلى الغرب مثل هياشي كيبي Hayashi Kichiyemon وكوباياشي كانيسادا Kobayashi Kanesada عندما قامت الثورة المسيحية سنة 1637 .

رناكو Rangaku او المعرفة الهولندية في اليابان بخلال القرن 17 حتى القرن 19 - وكان على اليابانيين الراغبين في تعلم العلوم الجديدة أن يقوموا بذلك بصورة سرية تحت طائلة العقوبات القاسية . وفي هذه الحقبة الثانية سوف يكون الدور الكبير للتجار الهولنديين المسموح لهم منذ 1641 من قبل الشوغون بإقامة وكالة تجارية في جزيرة ديشيما Deshima في مواجهة ناغازاكي وكان وجودهم يساعد على انتشار العلم الحديث من وجوهين : من جهة كان التراجع اليابانيون في منشآت ناغازاكي غير مطلعين علمياً ولكنهم على اتصال دائم بالتفنية العالية لدى الهولنديين (طب ، سلاح ، وآلات متنوعة ،) وقد اهتموا بهذا العلم الغربي . ومن جهة أخرى وعملاً بالاتفاقية الموقعة بين الحكومة اليابانية والهولنديين ترتب على هؤلاء أن يرسلوا كل سنة سفارة تقدم الطاعة لدى شوغون في يادو . وكان الفلكيون والرياضيون اليابان كثيرون العدد في العاصمة ولم يفوتوا هذه الفرصة لكي يتحادثوا مع الهولنديين ، وبصورة خاصة مع الطبيب الملحق بالوكالة التجارية والذي يعتبر عادة جزءاً من البعثة .

وهكذا نمت في اليابان في آخر القرن 17 ، وانطلاقاً من هذه النشأة المزدوجة ، ورغم الحظر الحكومي حركة ناشطة تهتم بالعلم الحديث وسميت رانناكو أو العلم الهولندي . هذه الحركة كانت من

القوة حتى حلت الشوغون يوشيمون الى رفع المنع سنة 1720 عن المؤلفات العلمية الغربية أما المؤلفات السياسية والدينية فبقيت ممنوعة .

وعين الطبيب وأمين المكتبات أوكي بونزو Aoki Bunzo « استاذ العلم الهولندي » وانصرف في بادئ الامر الى وضع معجم علمي هولندي ياباني نشره سنة 1761 . وتقليدا له وبفضل دروسه اخذ العديد من رنغاوكشا (أو المتخصصون في العلم الهولندي) يدرسون العلم الحديث بواسطة كتب هولندية . وخلال هذه الحقبة الثالثة (القرن الثامن عشر والتاسع عشر) ، سوف يزدهر الرنغاوك في اليابان وخاصة في الطب والفلك والجغرافية . وانتشر الطب المستحدث الغربي منذ حقبة الانصالات السرية ووصل الطبيب الهولندي من ديشيا ، كامسبار شانبرجن Caspar Schambergen الى اليابان سنة 1649 ، فعلم بعض التلاميذ . وشاعت طبعة يابانية من مؤلفات انبرواز باراي Ambroise Paré في بداية القرن الثامن عشر. ولكن المرسوم اللبرالي الذي أصدره يوشيمون Yoshi-mune (1720) سوف يقدم امكانات أكبر بكثير. وفي 4 آذار 1771 حضر تلميذ من أوكي هو مابينو ريوتاكو Aoki Mayeno Ryotaku ، بصورة سرية مع بعض اصدقائه ، وبفضل توافه الجلال ، تم تقطيع جسم امرأة عكومة بالاعدام . وكانت غايتهم التثبت من الجداول التشريعية الهولندية التي اشروها من ناغازاكي ، ولاحظوا بدون خطأ ممكن أن هذه الجداول تناقض تماماً التشريع الياباني التقليدي . واعد مابينو وأصدقائه بعد هذه الليلة التاريخية ، نقلاً عن هذه الجداول (جداول كولوس Kulumus) طبعة ظهرت سنة 1774 . وهناك رنغاوكشا اخر هو هوشينو ريوتسو Hoshino Ryotsu ، صنع سنة 1798 هيكلًا من الخشب . ودرّب الاطباء ومكتب التمثيل الهولندي في ديشيا ، وبصورة خاصة ب . ف . فون سيبولد P. F. Von Siebold (الذي وصل سنة 1822) العديد من التلاميذ . منهم هانوكا شيسو Hanaoka Seishu (1760-1835) ، الذي مارس استخراج الخراجات والبواسير المخرجية ، والإقطاعات وعرف استعمال النار كوتيك أو المسكنات . ولكن هؤلاء الاطباء « عل الطريقة الهولندية » (رانبو - ي) لم يكونوا يشكلون الا طليعة ضئيلة . وتدل روايات ش . ب . تنبرغ C.P. Thunberg (طبيب من ديشيا بعد سنة 1775) كيف أن غالبية زملائه ظلوا يمارسون بصورة حصرية المداواة بالإبر ، والكيمياء وغيرها من التقنيات التقليدية .

وكان علم الفلك بسبب أهمية الرزنامة دينياً ومدنياً شائعاً في شؤون الدولة في كل الامبراطوريات الآسيوية القديمة . وشجع الشوغون يوشيمون Yoshimune الفلكي ناكان جنكي Nakane Genk-ei على متابعة دراساته في الفلك رنغاوكو (التي عالجها ناكان Nakane حتى قبل مرسوم 1720 ، كدراسة الكسوفات مثلاً) ، وعينه سريعاً مديراً للمرصد الذي أسسه في بدو . وانتشر هنا علم الفلك الكوبرنيكي . وألف ترجمان من ناغازاكي ، موتوكي ريو Motoki Ryoei (مات سنة 1749) ، أول كتاب يعرض فيه عمورية الشمس ، في الشرق الأقصى . وكان هوشي، بنري Hoashi Banri ، متقفاً من أوزاكا وهي مركز آخر كبير في علم الفلك نصيراً متحمساً لهذا النظام الكوبرنيكي ، حتى أنه نسب لنفسه اكتشافه . ولكن بعض الفلكيين اليابانيين ، المتأثرين بالكتب التي صدرت في بكين في القرن

السابع عشر ، على يد اليسوعيين ، ظلوا المتمسكين الاخيرين بمحورية الارض البطليموسية
أما في مجال الرياضيات فقد كان من الاصعب توضيح مدى التأثير المتبادل بين العلم الرنفاكو
والعلم الياباني الوطني . نعرف مثلاً ان الرياضي الكبير الياباني في القرن 18 أجيا Ajima كان يعرف
علم المثلثات الكروي الغربي . ودخلت اللوغاريثمة الى اليابان سنة 1767 ، بفضل نشر وطبع مطول
صحفي عن اللوغاريثم في اليابان .

وفي مجالات أخرى أيضاً شرع رنفاكوشا يدرس بحماس العلوم الآتية من أوروبا . وفي سنة
1720 شرع نورو جنجو Noro Genjo بدراسة المولندية بناء على أمر من الشوغون ، وبذات الوقت
مع اوكي Aoki ، ونشر الاول سنة 1750 كتابه « تفسيرات يابانية لعلم النبات الهولندي » . ونشر شيبا
كوهان (1738-1818) وهو رنفاكوشا شهر ، سنة 1783 ، ووفقاً للاسلوب الغربي ، أول صور محفورة
على النحاس ظهرت في اليابان منذ إخراج اليسوعيين في القرن 17 . كما طبع أيضاً خارطات فلكية ،
وكذلك في سنة 1789 وضع وصفاً جغرافياً للغرب . ومنذ سنة 1785 نشر الخرائطي هاياشي شيهي
Hayashi Shihei أول أطلس من الاطالس اليابانية التي تتضمن خطوط الطول وخطوط العرض .

التوازي مع الصين - وإذا فقد أنجز العلم الحديث في اليابان تقدماً محسوساً أكثر من الصين ،
خاصة منذ منتصف القرن 18 . وكان الفرق ظاهراً . وصدر كتاب ياباني حول الميكروسكوب سنة
1801 ، وذلك في نفس الوقت الذي اظهر فيه المتحف الصيني فنغ شن Feng Chen احتفاره الشاعر
لهذه الآلة . وهذا الوضع يمكن أن يفسر بالفوارق بين تسلسلية النقل الهولندي والنقل اليسوعي . إن
التقديم العلمي الهولندي الى اليابان لم يكن ناتجاً عن رغبة منهجية في التأكيد على تفوق الغرب . بل إن
المحرك الوحيد فيه هو شهية العلم لدى العلماء اليابانيين ، والتجار الهولنديون (باستثناء طبيب المكتب
التجاري) لم يريدوا ولم يستطيعوا تقديم تعليم يضارع في قيمته تعليم المبشرين الرياضيين والفلكيين في
بكين . لقد ترك الرنفاكو Rangaku وشأنهم . وكان عليهم أن يستجلوا بالتعب والمشقة مضمون
مطلوبات مكتوبة بلغة لم يكونوا يمتلكونها إلا معلومات أولية . لقد هضموا العلم الحديث من تلقاء
أنفسهم .

ويبقى علينا - وهنا أيضاً ينتهي درس فصل ضيق ظاهرياً عن تاريخ العلوم في الشرق الأقصى الى
موضوع ذي أهمية تاريخية أكبر وأعم - ان نشر لماذا يابان طوكوغاوا كانت أكثر انفتاحاً وتقبلاً من صين
تسنغ Ts'ing . ان دراسة الأسس الاجتماعية للعلم الحديث في اليابان الا يمكن أن توضح هنا أيضاً في
الطريق السليم ؟ في اليابان ، يابان القرن 18 و19 كان تطور الانتاج التجاري والمصنعي أكثر تقدماً مما
هو في الصين ، وبخاصة في مراكز مثل يادو واوإزاكا وناغازاكي ، وهي المراكز التي ازدهر فيها رنفاكو
وأمكن أيضاً من جهة أخرى أن نلاحظ ان الكثير من الرياضيين اليابانيين كانوا متحدرين من أوساط
الساموراي . وهذا حدث ملفت الى تفكك المجتمع الاقطاعي القديم والى تطور هذه الفئة العسكرية
التي منذ أواخر الحروب التي وقعت بين الاقطاعيين في القرن 16 قد توجهت نحو النشاطات الادارية
والمالية والاقتصادية في اقطاعات النبلاء ، وهو أمر أعطى اليابان الحديثة قسماً كبيراً من كادراتها .

وإذاً اقترن العلم الحديث في اليابان في القرن 19 بقوى التجديد الاجتماعي والسياسي في البلد . وقد شكل هذا العلم خطراً وعنه حكومة أشوغونية تماماً فاحتذت ضد خطره تدابير قمعية متأخرة ، بعد أن عادت عن تدابيرها الليبرالية التي سادت في القرن 18 . ويعتبر مسلك تاكانو شوي Takano Choei نموذجياً إذ كان هذا العالم هو الأبرز بين رنغا كوشا عصره . فقد كان مؤلفاً لمطولات في علم النبات والمعادن والجغرافيا ، كما كان عضواً ، بذات الوقت ، في نادي اصلاحي ، وقد أوقف عدة مرات لهذا السبب . وحكم عليه في سنة 1840 بالسجن لمدة الحياة لانه غش الشعب بعلمه وتعليمه المعصرين . هذا « الجيوردانو برونو » الياباني رد على متهميه بأباء ويعمل إيماني بالعلم :

« نحن لا نعرف رجلاً طلع الى السماوات ، ولكننا نحن عندنا فلكيون ، ونحن لا نعرف شخصاً نزل الى باطن الأرض ولكن عندنا علماء جيولوجيا . . . توجد عين داخلية بواسطتها يمكن أن نرى هذه الأشياء » (ذكره ج . ب . سانسوم G.B Sansom الياباني والعالم الغربي) .

وهرب من سجنه سنة 1844 ، ولكنه أعيد القبض عليه ، فقتل بالمباركي Harakiri سنة 1850

في أواسط القرن 19 لم يكن العلم الحديث قد تسرب الى الصين والى اليابان بعد الا بشكل محدود جداً . ولكن تفاعلية شمولية العلم قد تكونت فيها ، عل أثر نشاط اليسوعيين المبشرين ، والتجار الهولنديين والعلماء الصينيين واليابانيين الذين استلهموا هذا النشاط . ولكن هذه التفاعلية اصطلمت في اليابان كما في الصين ، بعائق النظام السياسي القديم والاقتصادي أيضاً ، ذلك أن العناصر الحاكمة في هذين البلدين قلما كان لها مصلحة في تشجيع العلم الحديث (باستثناء بعض الحالات الفردية) ، بل كانت في أغلب الأحيان معادية له . وتصنيف النظام القديم وحدها ، والتي حدثت بصورة تدريجية في الشرق الأقصى بخلال القرن 19 والقرن 20 ، جعلت من الممكن انتشار العلم الشامل في هذا الشرق .

مراجع الفصل الأول

العلم الصيني

Science chinoise : H. BERNARD-MALTRE, Les adaptations chinoises d'ouvrages européens (Monumenta Serica, 1945); ID., Ferdinand Verbiest (Id., 1940); ID., Matteo Ricci's scientific contribution to China, Pékin, 1935; ID., Notes on the introduction of natural sciences into the Chinese Empire (Yenching Journal of social studies, II, 2, 1941); ID., La science européenne au tribunal astronomique de Pékin, Paris, 1951; P. d'ELLA, Galileo in Cina, Rome, 1947; W. FUCHS, Materialien zur Kartographie des Mandju-zeit (Monumenta Serica, 1935 et 1938); L. PRISTER, Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine, 2 vol., Changhai, 1932-34; A. H. ROWBOTHAM, Missionary and mandarin, Univ. of California Press, 1942; A. WYLLIE,

Notes on Chinese literature, Changhai, 1902; ID., *Chinese researches*, Changhai, 1897. Cf. aussi le Dictionnaire biographique de HUMMEL, *Eminent Chinese of the Ch'ing period*, Washington, 1944 (en particulier les notices sur Ho Kuo-tsung, Siu Kuanng-k'i, Li Chan-tan, Li Tche-tiao, Lo Che-lin, Mei Kou-tcheng, Mei Wen-ting, Tai Chen, etc.). D'une façon générale, nous renvoyons le lecteur désireux d'approfondir certaines des conclusions présentées ci-dessus à l'ouvrage *Science and civilisation in China*, publié par Joseph NEEDHAM avec la collaboration de WANG LING et dont les huit ou neuf volumes sont en cours de publication à la Cambridge University Press. Mentionnons enfin une série de publications postérieures à la première édition de ce volume : G. BONNANT, *The Introduction of Western Horology into China (La Suisse Horlogère)* (Inter. ed.), 1960, LXXV, n° 1; Sep. pub., Geneva 1960; P. DEMÉVILLE, *Les premiers contacts philosophiques entre la Chine et l'Occident (Diogène, n° 58, 1967)*; P. d'ELIA, *The double Stellar Hemisphere of Johann Schall von Bell, S.J. (Monumenta Serica, 18, 1959)*; ID., *Galileo in China; Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit scientist missionaries (1610-1640)*, transl. by R. SUTER and M. SCIASCIA, Cambridge University Press, 1960; P. HUART et M. WONG, *Analyse de livres chinois concernant l'histoire des Sciences (Janus 47, 1958)*; J. NEEDHAM, *Chinese Astronomy and the Jesuit mission: an encounter of cultures*, London, 1958; Ying-hsing SUNG, *Chinese Technology in the XVIIth century: T'ien-kung k'ai-wu*, transl. by E-tu-Zen SUN and Shiu-chuan SUN, The Pennsylvania State University Press, 1960; B. SZCZESNIAK, *The 17th-Century Maps of China: an inquiry into the compilations of European Cartographers (Imago Mundi, 1956, XIII-116)*; G. Ho-ching WANG, *China's opposition to western religion and science during the late Ming and early Ch'ing*, Ann Arbor, Mich., University Microfilms, 1958.

اليابان

Japan : C. R. BOXER, *Jan company in Japan, 1600-1817*, La Haye, 1936; ID., *Christian century in Japan, 1549-1650*, Londres, 1951; Y. FUJIKAWA, *Geschichte der Medizin in Japan*, Tokyo, 1911; D. KEENE, *The Japanese discovery of Europe. Honda Toshiaki and others discoverers (1720-1778)*, Londres, 1952; A. KOBORI, *Les étapes essentielles des mathématiques au Japon*, Paris, 1957; A. KUWAKI, *Western science in later Tokugawa period (Cultural Nippon, 1941)*; Y. MIKAMI, *The development of mathematics in China and Japan*, Leipzig, 1913; C. OKUMA, *Fifty years of New Japan*, Londres, 1910; Sir G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, Londres, 1950; D. E. SMITH et Y. MIKAMI, *A history of Japanese mathematics*, Leipzig, 1914; B. SZCZESNIAK, *The penetration of the copernican theory into feudal Japan (Journal of the royal asiatic society, 1944)*; I. VEITZ, *Medicine in Japan (Ciba symposia, 1950)*; Beginnings of Japanese obstetrics (*Bulletin of the history of medicine*, 1951); S. ARUMA, *The Western influence on Japanese military science, shipbuilding and navigation (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)*; A. EBISAWA, *The Jesuits and their cultural activities in the Far East (Cahiers d'Histoire Mondiale, vol. V, n° 2, 1959)*; H. IRIKAWA, *The European influence on Japanese Astronomy (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)*; H. OHMORI, *A Study of the Rekisho Shinsho (Japanese studies in the History of Science, n° 2, 1963)*; R. OTORI, *The Acceptance of Western Medicine in Japan (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)*; H. SAIGUSA, *Japanese Astronomy in the Tokugawa era (Japan Quarterly, 5, July/Sept. 1958)*; G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, New York, Knopf, 1962 (nouvelle édition); M. UENO, *The Western Influence on natural History in Japan (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964)*; K. YASUUTI, *The pre-history of modern Science in Japan; the Importation of western Science during the Tokugawa period (Cahiers d'Histoire Mondiale, vol. IX, n° 2, 1965)*; S. YAJIMA, *The European influence on physical Science in Japan (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)*.

الفصل الثاني :

العلم الهندي في القرن الخامس عشر إلى القرن الثامن عشر

من القرن 15 إلى القرن 18 استمر العلم الهندي في الانتشار في كل أرجاء الهند بل إنه انتشر في بعض البلدان المتأثرة بالهند . ولكنه قلما كان يتجدد . إن الفتوحات الإسلامية أوقعت ضربة خطيرة في القوة الإبداعية للحضارة الهندية في معظم اجزاء البلاد . لقد احتفظ التراث العلمي القديم بوجوده ، ولكنه تأثر بمنافسة العلوم الأجنبية التي جلبها المسلمون ، ولذا اعتبر وكأنه ملك خاص يجب المحافظة عليه ضد الدخيل الأجنبي . وعملت الاوساط البراهمانية والهندوسية التي كانت ترعى هذا العلم على الدفاع عن مضمونه المقدس أكثر مما عملت على تطويره ببحوث جديدة . إن الخطر الأجنبي عمل على تخمين التراثية المتسكة ، واستبدل شهرة الاكتشاف بالحرص على المحافظة . وكان المهم ليس تطوير العلم بل إظهار قيمته في مواجهة العقائد الدخيلة . ولم تبرز النوايا التناظرية في النصوص الرئيسية . إن هذه النصوص لم تحارب العقائد الجديدة ؛ بل تجاهلتها أما تصنعاً ، وأما لأنها انبثقت عن أوساط أغلقت أبوابها ضد كل اتصال خارجي . ولكن حتى في هذه الاوساط التي رفضت التعرف على الأفكار الخارجية ، كان وجود هذه الافكار محسوساً وبغياً بحيث نما التعلق الشديد بالتعاليم القديمة .

ومن جهة أخرى كانت المعارف المستوردة من قبل المعلمين الأجانب ، في معظم الاحيان عملية تجريبية مثل الوصفات الطبية أو الخيمائية ، أو مثل جداول الحسابات الفلكية ، ولم تصدر عموماً عن حركة أصيلة تقدمية كالتى عرفتها العلوم الاسلامية في الهند فهذه المعارف المستوردة لم تكن لتحفز العلم الهندي على المنافسة . وعندما اعتمدتها العلم الهندي ، وهذا ما حصل خارج الاوساط الارثوذكسية ، الامر الذي وقع هو أن هذا العلم قد امتصها في مجمله دون أن يجد فيها مادة مراجعة لعقائده العامة .

وفي جنوب شبه الجزيرة الهندية ، وفي مجال الثقافات الدراويدية كان التأثير الاسلامي أقل بكثير . بل إن هذا التأثير قد حذ منه ، بفضل غبطة براهمانية قامت في امبراطورية فيجاياناغار في القرن الرابع عشر حتى القرن 17 . ولكن هذه النهضة كانت على العموم تقليدية وغير تجريدية . وقد ساعدت في الجنوب على تقوية التعاليم الكلاسيكية السنسكريتية ، بحسب التيارات المحافظة في الشمال والمعارضة للمد الإسلامي .

إن ردة الفعل البرهمانية التقليدية لم تكن موجهة فقط ضد الاسلام . لقد بدأت قبل دخول

الاسلام الى الهند بوقت طويل . ولكنه جعلها أكثر حيوية وأكثر استمرارية ، وذلك حين برز كخطر أكيد . وعدا عن الحركات الخارجة بالنسبة الى البراهمانية ، أمثال حركات البوذية والجايينية ، وعدا ايضاً عن الحركات المادية ، هناك تياران قد ظهرا وحولا الافكار بأن واحد عن التراث البرهمني وعن الاهتمامات التي رمت الى تفسير عمليات الطبيعة بشكل عقلائي . من هذه الحركات الخارجة ، حركات كتب التقنية الدينية ، « التتراء » التي تأمر بباطنية رمزية وتهتم أكثر بالتكيف السيكولوجي عند الاتباع أكثر من إهتمامها بقوانين الطبيعة . ومن هذه الحركات الاخرى حركة بهكتي Bhakti او التبتل التي ترد الكل الى حب الكائن الاسمى الذي تعزله الفلسفة عن المظاهر الحداثية .

هذه التيارات حولت الافكار عن العلم الحق ، والعوذة التي حدثت باتجاه التراث البرهمني الكلاسيكي رجعت ، بصورة متأخرة بهذا العلم الى النقطة التي كان قد توصل اليها قبل أن يفقد نزعته الى البحث ، أي الى النقطة التي أوقفه عندها شراح القرون الوسطى .

I - الرياضيات وعلم الفلك

احتفظت نصوص علم الفلك التي ألّفت فيما بين القرن 15 والقرن 18 بالاسم المسماة « سوريا سيدننتا » وفروعها وتكليفاتها . وهذه الاخيرة عملية تطبيقية بصورة أساسية وتهدف الى الوصول الى حسابات كان يحتاجها علم التنجيم بعد أن تطور أكثر فأكثر وأصبح شعبياً .

ويمكن أن نذكر في الادب الفلكي بخلاف تلك الحقيقة ، باعتباره متممياً الى تراث « السوريا سيدننتا » ، « المكارندا » لسنة 1478 ، وهذا الكتاب كتب في بينارس وشروح شروحاً مشهوراً في القرن 17 (1620) ، ثم « المكارندا فيغارانا » للمؤلف شرسيمحا Nrsimha ، وكذلك « لغراها لا غهافا » ، وهو موجز في حساب مواقع الكواكب وضعه غانيسا ديفاجنا Ganeçadaivajna سنة 1520 . وكان هذا الاخير مؤلف مطولين الاول اصغر والثاني أكبر ، حول احتسابات الايام القمرية (تيثي) ، وتيثي ستاماني) . وتأخذ كتبه من تراث اريابهاتا Aryabhata التي عدّها لالا Lala (راجع المجلد 1 ، الفصل الثالث من القسم الثالث) ، وقد سادت كتبه بصورة خاصة في بلاد مارات وفي الديكن الوسطى . أما في الجنوب فقد ساد تراث اريابهاتا (أي فاكيام في اللغة التاميلية) ، الى جانب تراث السورياسيدننتا (شينندام) .

التأثيرات الاجنبية - في القرن 17 ورغم الفرق الثقافي بين الاوساط التقليدية الهندية والاساط ذات المنشأ الاجنبي ، اعتمد علم الفلك الغربي والاوروبي ، في بعض الاحيان ، وبصورة جزئية من قبل المؤلفين الهنود . وأخذت السيدننتا فيفيكا كالمالكارا Kamalakara ، لسنة 1658 استعارات عن علم الفلك العربي . وفي القسم الاول من القرن 18 شجع المهراجا جاسنغ Jaysingh الثاني (1699-1743) بقوة علم الفلك ، فأمر بجمع كل الوثائق التي يمكن الوصول اليها عربياً وأوروبياً (ويخاصة جداول لاهير La Hire) لكي يضيفها الى علم الفلك الهندسي ، كما أقام مرصدي علة

مدن مهمة : جيپور Jaypur ، التي أسسها بنفسه ثم اوجاني Ujjayni الذي كان خط الهاجرة فيها نقطة الانطلاق التقليدية لخطوط الطول ، ثم بنارس ودلي وماتورة Bénarès, Delhi et Mathura وهذه المراكز اشتملت على أدوات ذات أحجام كبيرة كآبنة ظلت محفوظة في غالبيتها .

الاهتمام بعلم الفلك الهندي في القرن 18 - اهتم الاوروبيون منذ نهاية القرن 17 ، وبصورة خاصة بمناسبة بعثات لويس 14 إلى سيام ، بتحديد مدى وقيمة المعارف العلمية ، وخاصة الفلكية والرياضية لدى شعوب الهند . ودرس الفلكيون الفرنسيون وخاصة آل كاسيني Cassini ثم جنتيل Gentil علم الفلك السياسي ، المتفرع من الهند ، وعلم الفلك الهندي بالذات ، عدة مزار في القرن 18 ، أما سنداً للمستندات الحاصلة بفضل المسافرين والمبشرين ، أو مكانياً كما كان الحال بالنسبة إلى جنتيل Gentil في مدينة بونديشيري .

ولاحظ الاوروبيون أن غالبية النجميين الهنود ، كانوا يستعملون بصورة ميكانيكية ، وبمهاراة فائقة ، جداول حسابية ، دون أن يرصدوا السماء ، ودون أن يمتلكوا معلومات عميقة عن الحارطة الكونية (كوسموغرافيا) . واستنتجوا من ذلك أن العلم الفلكي الهندي لم يكن أصيلاً . ولكنه استعار فقط ، من أجل احتياجاته العملية للتنبؤ بالكسوفات ولإقامة الأبراج ، نتائج مأخوذة من الخارج أو عن تراث قديم منسي . وافترض بايلي Baillly وجود شعب قديم رائع في علمه احتفظت الهند ببقايا معارفه . وبصورة أعم ، حكم بأن الهند تلقت النتائج الفلكية التي تستعملها من الصين أو من العالم اليوناني والعربي . والحقيقة الثابتة من الاستعارات من علم التنجيم اليوناني ، دعمت غالباً الرأي القائل بعدم وجود علم فلكي هندي خالص . نحن نعرف الآن أن هذا الرأي كان مضللاً ، لأن نظام تتبع مواقع الكواكب في نكشاترا (مجلد 1 ، الفصل الرابع من القسم الأول) يمثل علم فلك غير بروجي ، بارز في الهند قبل ادخال علم الفلك البروجي وظل باقياً إلى جانب هذا الأخير . ولكن البحث الفلكي والرياضي قد توقف فعلاً في الهند ، بخلاف القرن 18 . والنتائج الحاصلة لم تكن قد استعملت بحق إلا من قبل المتخصصين في الحسابات من أجل الاحتياجات التنجيمية .

II - الكيمياء والطب

ظلت الكيمياء من جهتها تستعمل بشكل تطبيقي خالص من أجل غايات الخيمياء ومن أجل الغايات الاستطبابية . ومجموعات الوصفات قد تكاثرت ، مجترّة باستمرار مادة الكتب الأكثر قديماً .

أما بعض التجديدات فلم تكن إلا ظاهرية . لأنها تعلقت بتغيرات في تسمية المواد المذكورة وتغيرات في العرض أكثر مما هي دراسات جديدة .

وقد كان الحال كذلك في الطب حيث استمرت العقائد القديمة بدون تغيرات كبيرة رغم العدد الضخم من مجموعات عناصر التشخيص والتطبيق التي سبق جمعها .

وفي أيام الملك أكبر عمد الراجا تودر مال Todar Mall ، الذي كان في خدمة الامبراطورية المغولية الا انه بقي متمسكاً بعمق بالثقافة الهندية وحريصاً على جمع العناصر لحفظها ، هذا الراجا أمر بجمع مجموعة طبية كبيرة وسط مجموعة ضخمة من المطولات حول مواضيع اخرى . وهذه المجموعة قصد بها تشكيل نوع من الموسوعة بالمعارف الهندية الخالصة في مواجهة المد الاسلامي .

ان الاستعارات التفصيلية من هذا المد الاسلامي كانت كثيرة في كتب الطب ، وفي المادة الطبية النباتية أو الحيوانية ، وفي المادة الطبية المعدنية أو الخيمائية . وبعض الكتب استوتحت ، على الاقل في غاياتها الاساسية ، معلومات أجنبية أضفي عليها الطابع الهندي المصطنع . من ذلك كتاب اركايركاسا وتنعى في السنسكريتية « ضوء الشمس » ، وهو في الواقع كتاب يبحث « ضوء العرق » اي الكحول الناتجة عن تخلف التقطيرات المسماة بالعربية عرق .

وبالنسبة الى بعض الامراض أو الادوية هناك تسميات اخذت عن التسميات الشعبية أو العلمية الاسلامية . واليهافا اركاماسا ، وهي مطول طبي من القرن السادس عشر يسير على نهج المطولات السنسكريتية القديمة ، عرف السفلس باسم الفيرانجيروغا أو مرض الافرنج أو الفرنجة كما يقول المسلمون عندما يقصدون الاوروبيين وبالنسبة البرتغاليين بشكل خاص .

وهناك طبقة كاملة من الكتابات الطبية تشكل الادب الطبي المسمى باليوناني والموجود باللغة السنسكريتية ، وبصورة خاصة باللغة التامولية ، ويمتثل للغات الهندية الآرية الحديثة . والقصد هنا هو الطب العربي المسمى باسم يدل أصلاً على كلمة اغريقي (يوناني باللغة السنسكريتية) ولكنه استخدم فيها بعد ليدل باللغات الهندية على كل ما له علاقة بالمسلمين باعتبارهم قد حلوا محل اليونان الاقدمين كغريين مثقفين .

إنشمار العلم الهندي - على الرغم من بقاء النشاط الحلاق ، وخسارة القوة الاشعاعية في الحضارة الهندية الخالصة ، تحت حكم المغول ، استمرت الهند تحتفظ في بعض المناطق بنوع من التأثير في المجال العلمي . فقد بقيت المواد الطبية والمفاهيم الهندية تنتقل نحو ارخييل اندونيسيا حتى من قبل المسلمين الذين كانوا يذهبون من الهند ويمثلون وينقلون الاستعارات عن وعي لهذه المعارف .

ولكن في التثبيت بشكل خاص استمر التأثير العلمي الهندي يمارس قدرته في الحقبة المتأخرة . وفي القرن 17 صدر شرح كبير لرچود - رجي Rgyud-Bzi ترجمة لاميها تاهيادا L'Amytahydaya وقد كتب تحت عنوان فيدوريا غونبو ، وبدل على معرفة عميقة بالتراث الطبي الهندي . ومن جهة أخرى ، وبشكل خاص ، أنه في القرن السابع عشر أقتلت المجموعة القانونية التيبية الكبرى حول الشروحات البوذية والمطولات التقنية المترجمة عن السنسكريتية باسم بستان جيور Bstan-Gyur (طنجور) وفيها بعد ترجمت هذه أيضاً الى المغولية .

إنها مجموعة تحتوي عدداً كبيراً من المطولات العلمية الهندية التي ترجم الكثير منها ، بدقة ، في ١

القرن 17 تحت حكم الدلاي لاما (زعيم البوذيين) الخامس . وقد شجع هذا الأخير نهضة العلم التيبتي المرتكز على العلم الهندي ، كما شجع بشكل خاص الترجمة الى التيبتي ، لكتب - مغانيح في الأدب المنسيكريتي ، ابتداء من الكتب القواعدية الكلاسيكية والمعاجم التي تمكن التيبتي من الرجوع المباشر الى المصادر الدينية البوذية والى المصادر العلمية والتقنية الهندية العاربة من أية صفة دينية خاصة⁽¹⁾ .

(1) بشأن المرجعية في هذا الفصل ، يرجع الى المرجعية المذكورة في المجلد 1 طبعة 2 ص 177

الفصل الثالث :

العلوم في اميركا المستعمرة

١ - الاطار التاريخي

بعد اكتشاف كريستوف كولومبس ، وجهت أوروبا نحو أميركا موجات من المهاجرين سوف يعطون لهذه القارة ، أعراقاً وحضارة أصيلين عند اكتشافها ، حضارة أوروبية خالصة

ولكن أميركا الجنوبية وأميركا الوسطى ، المستكشفتين بشكل فجائي . والمأهولتين ثم المستثمرتين بشكل غير متساو التقتا ، مع ذلك ، وبعد أقل من خمسين سنة من الفتح ، سمعها النهائية . أما أميركا الشمالية فستكون أبداً ارتساماً ، والسكان البيض لم يتجذروا فيها الا بحلول القرن

17

أميركا الاسيائية - كان الاسبان أول الواصلين ولذا اخذوا حصة الاسد . وكان دافعهم البحث عن الذهب والافاوية وسراب البلاد الهندية ، وأوغلوا عميقاً بعيداً عن الشواطئ . وحوالى سنة 1550 كان المساحة التي سوف تبقى مؤسنة قد تمعدت تماماً وكماًلاً تقريباً . وفي القرون اللاحقة ، تقدم الاسبان أكثر في أميركا الشمالية ، وفي كل مكان كان استعمارهم يتعمق .

وامندت امبراطوريتهم الشاسعة في جزر الهند الغربية من ارض النار حتى كاليفورنيا ، مشتملة على قسم من أميركا الشمالية (غرب الولايات المتحدة الحالية ، وفلوريدا ، والمكسيك) ، وكل أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية ، باستثناء البرازيل البرتغالية .

وعمل انبياء الامبراطوريات الكبرى الازتيك والانكا وامبراطورية مايا ، التي كانت متهاوية ، ثم استعباد الشعوب الهندية واجبارها على الدخول في المسيحية ، كل ذلك عمل على زوال الحضارة المحلية زوالاً شبه كامل وعلى استبدالها بالحضارة الاوروبية المسيحية .

والرابط بين اسبانيا وامبراطوريتها الذي كان وثيقاً في بادئ الامر ، سياسياً واقتصادياً انقطع بشكل نهائي في الثلث الاول من القرن التاسع عشر .

واعتبرت بلاد الهند الغربية كاملاك للنجاح فحكمت مباشرة من مدريد من قبل الملك ومجلس بلاد الهند . وقد تغير النظام قليلاً عبر العصور . محلياً كان نواب الملك ، اثنين ثم أربعة يحكمون بمالك غير

متساوية (اسبانيا الجديدة والبيرو - الاكثر قديماً - وغرناطة الجديدة (1717) ، وريودي لا بلاتا Rio de la Plata (1776)). وكان هناك امراء حاميات عامون تحت سلطة نواب الملك يقيمون في غواتيمالا ، وفنزويلا والشيلي . وهؤلاء الموظفون الكبار كانوا يرسلون ، دائماً تقريباً ، مباشرة من اسبانيا .

وكان البيض ، وهم قلة بالنسبة الى جماهير المهجنين والهنود والسود ، الملاكين الكبار للارض واصحاب السلطة الوحيدين . وباتت الجهود المخلصة ، جهود بعض الاسلاك الدينية ، لحماية الهنود واستجلاهم الى الثقافة الاوروبية ، بالفشل تقريباً ، بل انها ساعدت على استيراد العبيد من افريقيا .

وظلت الوصاية الاقتصادية لاسبانيا ، شديدة الوطأة لمدة طويلة . فلم يسمح بأية تجارة بين الممالك الاسبانية الاميركية ، وبصورة أولى ، بينها وبين البلدان الاجنبية . ونظراً لانعدام الرساميل واليد العاملة ، ظلت الحالة الاقتصادية متأخرة جداً . ولكن في اواخر القرن 18 ، اضطرت اسبانيا ، وقد جرت الى الحروب الاوروبية ، الى التخلي عن احتكارها الحصري . واخذت المستعمرات ، أكثر فأكثر ، تتاجر مع البلدان الاخرى بحرية وتتفاعل مع احداث أوروبا . خاصة وأن التسليطة (Despo-tismo Ilustrado) في حكم شارل الثالث (1759-1788) رغم أنها لم تنعكس في أميركا الا متأخرة ، - قد احدثت مجديداً فكرياً لا ينكر وساعدت بالتالي على تسرب الافكار الآتية من الخارج . وكانت النقمة ، الشديدة لدى المولدين ، تتأجج بأفكار الانسيكلوبيديين ، وبأمثلة من جمهورية الولايات المتحدة الفتية ، والثورة الفرنسية . وبعد استيلاء نابليون على شبه الجزيرة اليبيرية وتنازل الملك ، تطورت حركات ثورية ، إنما بدون نجاح في الغالب ، في مستعمرات أميركا . وأدت السياسة الرجعية لدى فردينان السابع Ferdinand VII ، بعد 1815 الى العصيان وإلى استقلال الممتلكات الاميركية عن اسبانيا . وبعد تواجد دام أكثر من ثلاثة قرون في العالم الجديد لم تحتفظ اسبانيا الا بكوبا وبورتوريكو بشكل مؤقت . .

البرازيل البرتغالية - ادى اكتشاف البرازيل عرضاً من قبل كابراي Cabral ، سنة 1500 ، الى جعلها ممتلكات برتغالية . وكانت الحكومة مهتمة بالهند الشرقية أكثر ، فتركزت في بادئ الامر الشعب للمبادرة الفردية . وبعد 1534 فقط ، وتقليداً لاسبانيا ، حاول الملك جان الثالث أن يثبت سلطته بقوة ، فأوجد ثلاث عشرة حاكمية عسكرية كان حكامها يعينون من قبله . وفي سنة 1548 تلقت البرازيل حاكماً . وفي فترة الاتحاد العائلي بين اسبانيا والبرتغال (1580-1640) أنشئ مجلس للهند ، وكان امتياز لشبونة مطلقاً كامتياز اشبيلية . وفي القرن 18 ، حكمت البرازيل من قبل نائب للملك .

وكان المستعمرون البرتغال ، في بادئ الامر من صغار ابناء العائلات النبيلة ، ومن التجار والمهريين ، ثم فيما بعد من الفلاحين الآتين من أصول أو من ماديرا ، وقلما حافظوا على نقاء دمهم ، فبدوا شعباً مهجناً يقطن البرازيل . وعدداً عن البيض ، دخل العديد من العبيد السود منذ القرن السادس عشر .

أما الهنود ، فكانوا متأخرين جداً بالنسبة الى الهنود الذين التفاهم الاسبان في الجهة الاخرى من جبال الاندس ، ووضعهم كان اشد قساوة من وضع هؤلاء الاخيرين . وقد هلك الهنود ، بأن معاً بالاعمال العسكرية من قبل مستعمري المناطق الشاطئية وبالامراض التي نقلها هؤلاء المستعمرون ، ثم لوحقوا من قبل العصابات البوليسية ، واخضعوا لاشد أنواع الاستعباد قسوة ، فقام اليسوعيون الذين كان يدعمهم التاج أولاً ، بحصرهم في معسكرات كانت لهم فيها السلطة المطلقة . ولكن تحت ضغط الزراع الكبار الذين كانوا بحاجة إلى عبيد ، سحب الحكومتها تأييدها لليسوعيين الذين أخذت معسكراتهم تتضاءل . وفي القرن 18 ، وفي ظل حكم التسلط المتتور ، من قبل بومبال Pombal ، الغي استرقاق الهنود ، وطرد اليسوعيون من البرازيل سنة 1759 .

في القرن السادس عشر احتل البرتغاليون على شاطئ الاطلسي ، شريطاً رفيعاً من الارض تنازعه في يادى الامر مع الفرنسيين ، الذين استبدعوا نهائياً في أواخر القرن السادس عشر ، ثم مع الهولنديين الذين جاءوا مع موريس - ناسو سيغن Maurice de Nassau-Siegen سنة 1637 ، ثم طردوا سنة 1654 .

أمام الاحتياج الى الاراضي الجديدة ، الذي تسبب به الاقتصاد المدام للارض المتبع من قبل المستعمرين تحت ضغط من الباحثين عن الذهب ومن صيادي العبيد ، تقدم البرتغاليون نحو الغرب حتى جبال الاندس ، ونحو الجنوب نحو الاراضي الاسبانية نظرياً . وتحدد الحدود سنة 1778-1777 فاعطت للبرازيل مساحتها الحاضرة 850000 كلم² . ولكن رغم السكان الناشئين في الهضبة المنجمية في ميناس جيراس ، ظل ثقل السكان متمركزاً حول المرافئ : باهيا ، رسييف ، ناتال ، ريو دي جنيرو .

وتحولت البرازيل الى مملكة مستقلة ، على يد الامير - الوصي Prince-Régent الذي سوف يصبح جان السادس والذي هرب من البرتغال المحتلة من قبل الفرنسيين ، والمفتتح على التأثيرات الخارجية . ورأت البرازيل نفسها مهددة بالعودة الى حالة المستعمرة بعد أن عاد الملك الى عرشه في لشبونة . وشجع مثل المستعمرين الاسبان الحركة الانفصالية البرازيلية ، وتحت قيادة دون بيدرو Don Pedro ابن ملك البرتغال ، أعلنت الامبراطورية الدستورية البرازيلية سنة 1821 .

الاستعمار الفرنسي في أميركا - ضمن خط الصيادين البرتغاليين تردد البحارة الفرنسيون الشواطئ الصخرية الكبرى في « الارض الجديدة » . ويفضل الصيد البحري ، اعتزلوا بأميركا ، في وقت كان فيه بلاط فرنسا مهتما بحروب ايطاليا ، وبالصراع ضد آل هابسبورغ Habsbourg . وطالب فرنسا الاول بحق الإقامة في كل مكان اكتشفه الفرنسيون ، ولم يحتل فعلياً ملوك مسيحيون آخرون . إلا أن ملوك فرنسا ، وإن لم يهملوا الحملات بقصد اكتشاف بلدان الذهب والانتقال نحو « كاتي » قلباً دعموا المستوطنات الفرنسية في البلدان الجديدة .

في البرازيل ، استفادت المستوطنة الفرنسية التي أقامها فيلغينيون Villegaignon ، مساعد

الاميرال غاسبار دي كوليني Gaspard de Coligny ، لفترة قصيرة من الدعم الرسمي ، ولكن هذا الدعم كان غير كاف ، ورغم المقاومة العنيدة ، زالت « فرنسا القطبية الجنوبية » سنة 1560 تحت ضربات البرتغاليين .

في فلوريدا ، لم تنتج المنشآت الفرنسية التي أقامها ريني لودونير René de Laudonnière ، وجان ريبو Jean Ribault ، رغم رعايتها في بادئ الأمر من قبل الحكومة . وقضت عليها حملة اسبانية سنة 1565 ، خاصة وإن مستعمرها كانوا البروتستانت .

ولكن الفرنسيين ، قبل أن يمنعوا من الدخول إلى أميركا الاستوائية ، أخذوا يتسللون إلى أميركا الشمالية . فقد كان فرازانو Verrazano يحاول سنة 1524 أن يفتش فيها عبثاً عن عمر نحو « كاتي » . وذهب جاك كارتيه Jacques-Cartier لنفس الغرض ، وبلغ مصب سان لوران سنة 1534 ، وصعد النهر حتى موقع مونتريال ، وخلال رحلته الثانية . وانتهت المحاولة الأولى ، الاستعمارية ، التي وقعت سنة 1541 ، بفشل كامل .

سنة 1603 ، وبناء لاسر هنري الرابع ، عاد شامبلين Champlain إلى الطريق التي اتبعها كارتيه وأقامت حفنة من الفرنسيين في البلد . وتأسست كيبك سنة 1608 . ووصل البشرون وخاصة السوسويون بأعداد بقصد « انجلة » البلد . وأقام الفرنسيون علاقات متنازة مع بعض القبائل الهندية : الهوورون . ولما كان الهنود الأمريكيون ، والاوروكوا خاصة هم ملاك الأرض الأولون فقد دافعوا عنها بعناد .

ولما كانت « فرنسا الجديدة » لا تدر لا ثغراً ولا أفوايه ، لم يهتم بها الملوك ، والوزراء وخاصة كولبير Colbert ، إلا لفترات متقطعة . وكان العنصر السكاني الرئيسي قد قلمته جواهر السكان الفرنسيين في الغرب من فرنسا : بواتو ، فاندي ، نورماندي Poitou, Vendée, Normandie ، مع جنود الفرق الملكية ، الذين ظلوا غالباً في مواقعهم ، ولكن ضعف كندا العظيم كان دائماً عدد سكانها غير الكافي .

ومع ذلك ، قطع المستوطنون الغلبة ، وأسسوا المدن بحثاً عن الفراء الذي هو أهم عنصر في تجارة كندا ، وتقدم كنديون نحو الغرب ، حتى بلغوا البحيرات الكبرى ، ونزلوا مع مجرى نهر المسيسيبي ورجعوا بعد هذه الدورة نحو أميركا المستعمرة حيث استولى لاسال La Salle على لويزيانا سنة 1682 ؛ وبعد استكشاف كل السهول وصلت جماعة فاراندري Vérendrye إلى الجبال الصخرية ، سنة 1743 .

إن كندا ، وأكاديا ، وبلاد الإيلينا ، ولويزيانا كلها شكلت « فرنسا الجديدة » ؛ ثم جزر الانتيل الفرنسية ، وغويانا ، ثم في الشيلي ، كثافة سكانية فرنسية تعد 4000 نسمة ، سنة 1746 ، أراد وزير البحرية الفرنسية جان فردريك فالبيو Jean-Frédéric Phélypeaux كونت دي موبراس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، أن يحولها إلى مستعمرة . هذا هو القضاء الفرنسي في أميركا . ويوجه عام تبعت المنطقتان النهريتان ، منطقة سان لوران والمسيبي ومنطقة البحيرات

الكبرى ، خطأً مرسوماً سحب من طرف خليج سان لوران حتى بحر الانتيل : هذا القوس الدائري الضخم الذي كان يقطه الفرنسيون ، امتد حتى أميركا الجنوبية . وبالنسبة الى مجمل السكان الانكليز الاميركان الذين كان عددهم حوالي مليون ونصف المليون ساكن سنة 1763 بدا الـ 65 ألفاً من سكان فرنسا الجديدة متفاوتين جداً من الناحية السكانية . إن الحيز الفرنسي في أميركا ، كتقسيم إداري تابع لوزارة البحرية كان مرتبطاً بالعالم الاطلسي . وحتى نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ظل هذا الفضاء قسماً من فرنسا . ثم انفصل بعد معاهدة اوترخت Utrecht سنة 1713 عن الواجهة الاوقيانية ، خارج كاب - بريتون حيث تقع قلعة لويس بورغ ، وكانت فرنسا الجديدة ، أو كندا محاطة بشعوب الابلالاش Appalaches والمستعمرات الانكليزية الاميركية . وكان هذا الجزء مرتبطاً بفرنسا الام التي كانت في حالة تراجع على الصعيد البحري والاستعماري بالنسبة الى الحفص البريطاني ، منذ مطلع القرن 18 . وكان وادي سان لوران مثقلاً بفسوة الطبيعة ، فزاده المظهر السكاني فقراً ، بسبب النزوح وتحوليزيانا وبسبب إقامة الانكليز والاميركان من الهوغنوت الذين رفض ريشيليو Richelieu ان يستقبلهم في فرنسا الجديدة .

وفي ظل الادارة الفرنسية ، تأبعت كندا ببناء عملية تنظيم حياة جماعية ، مختلف تماماً عن تنظيم فرنسا ، وبصورة خاصة عن الجيران من الاميركان الشماليين . وكانت كندا ضمن إطار من التحرك الشامل الذي ارتداه التوسع الاوروي بفضل الرسائل بين رجال العلم في القرن السابع عشر والثامن عشر ، وبفضل وجود ضباط البحرية ، وملاحظة احداث التاريخ الطبيعي في أميركا الشمالية بصورة مباشرة ثم باستعداد الكنديين للبحار البعيد المدى ولاستثمار المساحات الواسعة

وبعد نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ومعاهدة باريس سنة 1763 غير انتقال الامبراطورية ، أو نقل السلطة من فرنسا الى بريطانيا مسار الجماعة الكندية الناطقة بالفرنسية ، مع الأخذ في الاعتبار عوامل الامتداد والعوائق الكامنة في الحيز الاميركي الشمالي .

الاستعمار الانكليزي - كان الانكليز مأخوذين في القرن 16 ، مثل كل الشعوب الاوروية بحمى الذهب ، فحاولوا الوصول الى الهند التي لم يصل اليها كريستوف كولومبس . وعرف الايطالي جيوفاني Giovanni والايطالي سيباستيانو كابوتو Sebastiano Cabotto بتحويل من تجار لندن ، دون أن يعشرا على المرء ، شواطئ البربادور وجزيرة الارض الجديدة واستبعد الانكليز وكذلك الفرنسيون من أميركا الجنوبية ومن أميركا الوسطى من قبل الاميبان ، الذين لم يستطيعوا رغم ذلك منع حلة دراك Drake وهوكن Hawkins ، من القيام بعملها رغم أنها تشكل خطراً دائماً على بلاد الهند .

وفي القرن السابع عشر اخذت قوة اسبانيا تتراجع ، أما بريطانيا فبالعكس كانت في أوج قوتها البحرية ، فلم يمكن استبعادها عن الاراضي غير المحتلة في أميركا الشمالية . وقد سبق لولتر رالي Walter Raleigh سنة 1585 ان حاول بدون نجاح أن يؤسس مستعمرة في فيرجينيا وأقيمت أول مستعمرة انكليزية سنة 1607 في خليج شيزايبك .

وبعد ذلك عرفت أنكلترا نزوحاً نحو أميركا باعداد تتزايد باستمرار ، وكان النازحون مطرودين بفعل الاضطهاد الديني والسياسي ، ثم بالازمات الاقتصادية أو مدفوعين بحب المقامرة والطمع بالربح . وساهمت الحكومة بالاستعمار أيضاً ، وذلك عندما استبعدت نحو أميركا المحكومين تجاه الحق العام بعد نهاية تنفيذ أحكامهم . وتولت شركات تجارية أو جمعيات ملاكين يمتلكون اراضي وهبها الملك ، تولوا تجميع المستعمرين في انكلترا وفي ألمانيا وفي البلدان البروتستنتية .

كان هؤلاء المهاجرون يجدون أمامهم - عندما ينزلون في أميركا الشمالية - مناطق من غابات واسعة ، مأهولة من قبائل هندية بدائية تعيش بشكل خاص على الصيد . وبحلولهم على الشاطئ ، كانوا يشكلون بؤراً معزولة بعضها عن بعض تنفرع بدورها لتشكل مستعمرات أخرى . وكان عدد هذه المستعمرات ثلاث عشرة في القرن 18 ، مختلفة جداً بعضها عن بعض . مستعمرات الشمال ، أو انكلترا الجديدة ، حيث تسود الروح التقوية « للاباء الحجاج للماي فلور » ، حيث يعيش المتوطنون على الزراعة وفقاً للأسلوب الأوروبي ، ومن التجارة أو الصناعة ؛ ومستعمرات أو مستوطنات الوسط ذات الجماهير المختلطة ، حيث الانكليز ، كأقلية ، يعيشون بشكل خاص من التجارة ؛ ومستعمرات الجنوب حيث تسود الارستقراطية ، ارستقراطية كبار مزارعي التبغ أو الأرز ، حيث عدد العبيد السود ما ينفك يتزايد .

في بادئ الامر ، كان لهذه المستوطنات أنظمة مختلفة ، ولكن في آخر القرن 17 ، توصل القوم الى نوع من التوحيد : فكان حاكم يمثل الملك ، ومجلس خاص يعينه الملك ، وجمعية منتخبة من قبل السكان الذين كانوا يصوتون على الموازنة ويصادقون على قرارات المجلس الخاص .

واستطاع المستوطنون الانكليز ، بعد صراعات دامية غالباً ، ان يطردوا نحو الداخل ، أو يبيدوا القبائل الهندية المفككة ، ولكنهم وجدوا أوروبيين آخرين في مواجهتهم . وكان الهولنديون قد توطنوا في امستردام الجديدة ، ففرض عليهم سنة 1667 ، ولكن الفرنسيين بالعكس وسعوا بمجاهم ، ثم من البحيرات الكبرى حتى الميسيسيبي ، قطعوا أمامهم الطريق نحو الغرب . ووقعت المعركة الحاسمة سنة من 1754 الى سنة 1763 وانتهت بانتصار الانكليز .

وطيلة قرن بقي الخطر الفرنسي إحدى فرائع العرش البريطاني الكبرى لكي يحتفظ بالمستعمرات تحت تبعيته . وأدى زوال الخطر الفرنسي الى عدم جدوى حماية أنكلترا ، ثم أن المستوطنين شعروا أنهم أقوياء بما يكفي لكي يعيشوا لوحدهم . ولم تكن أسباب النعمة ضد الوطن الام غير موجودة ، ولم تنفك تزداد خطورة ، بسبب السياسة التسلطية التي انتهجها جورج الثالث . وزادت أسباب عدة النعمة ، وأدت الى قطيعة 1775 والى اعلان الاستقلال سنة 1776 في 4 تموز .

وعندما قامت المستعمرات القديمة التي أصبحت بمساعدة فرنسا الولايات المتحدة الاميركية ، فاجبرت انكلترا على الاعتراف لها بالاستقلال سنة 1782 ، لم تطرد هذه من أميركا الشمالية . فقد بقيت لها كندا ، وبقيت - كفرنسا - في جزر الانتيل (بارباد ، جامايكا) حيث تمت نفس الحضارة الاستعمارية كما في الانتيل الفرنسية .

II - أميركا الأسبانية

طيلة القرنين التاليين على الاستيلاء ، لم يكن للامبراطورية الضخمة ، امبراطورية الهند الغربية ، علاقات فعلية إلا مع اسبانيا . فقد ادى الفتح الى خراب الحضارات السابقة على كولومب ، وإلى قيام ثقافة اسبانية وكاثوليكية غت فيها . وبقيت هذه الثقافة بعد أن جلبها ، ونشرها وراقبها عن كتب الكهنة ورجال الدين من كل لون : فرانسيسكان ، ودومينيكان ، ويسوعيون ، ولكنها بقيت تقريباً محصورة بالسكان البيض ، الخلطاء والاسبان ، رغم أن الهنود لم يستبعدوا بصورة منهجية . وإن العديد من الكليات فتحت خاصة من اجلهم ، وأهمها كلية نلال - تولوكو ، قرب مكسيكو .

في القسم من هذا المؤلف المخصص لعصر النهضة ، أشرنا عدة مرات ، الى المساهمات التي قدمها اكتشاف أميركا للعلم الاوربي . إن طبيعة أميركا ومتجاتها ، وآداب الهنود وتقنياتهم ، سوف نعرف في أوروبا ، من خلال روايات الفاتحين والمؤرخين الحاصين . ومن بين هؤلاء يذكر غونزالو فرنانديز اوفيدو Gonzalo Fernandez de Oviedo ، واليسوعي جوزف دي آكوستا Joseph de Acosta ، وبرناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun والإنكا غارسيلاسو دي لا فاجا . Antonio Vazquez de Espinosa وناطونيو فازكيز دي اسبينوزا Garcilaso de la Vega

شروط الحياة الفكرية - لم تكن بلاد الهند الغربية يوماً مركز إبداع فكري ، بل نشأت فيها مراكز ثقافة ناشطة جداً عند الفتح . وفي اوج الازدهار ، لحظة الفتح ، انشأت اسبانيا فيها بأكراً الجامعات (كان هناك حوالي 20 جامعة في مطلع القرن 19) ، تتنافس معها كليات دينية عديدة وأهم مراكز النشاط العلمي كانت مكسيكو Mexico وليما Lima ، وهما مركزا إقامة نواب الملك الاولين . وفي القرن 17 و 18 ، قامت جامعات اخرى في ستو دومنغو وفي شاركاس Charcas (سكرو اليوم) ، وستا في مدينة بوغوتا ، الخ . وعرفت هذه المراكز حياة فكرية ناشطة ولكن هذه الحياة اتجهت نحو المجالات الفلسفية والادبية .

وكانت الكتب في بادئ الامر معفاة من كل الضرائب دخولاً وخروجاً ، فكانت تستورد بأعداد كبيرة الى امبراطورية الهند الغربية . وكانت هذه الكتب خاضعة لحكمة التفتيش الديني . ولكن هذه اظهرت من الناحية العملية لبيسرية خاصة في مجال غير المجال الديني الخالص .

وكانت مكسيكو عاصمة اسبانيا الجديدة . فبلغت في القرن 16 مستوى فكرياً رائعاً . وأنشئت فيها أول مطبعة في العالم الجديد سنة 1535 (ونشر أول كتاب سنة 1539) . وقبل سنة 1579 أنشأت فيها ثلاث مطابع . أما الصحف فلم تظهر بصورة دورية فيها إلا سنة 1722 .

وكانت جامعة مكسيكو وريال يونيفيرسياس اونيفرسيتي دي مكسيكو قد عيّنت سنة 1951 عيدها المئوي الرابع منذ انشائها . ولكن المحاضرات لم تبدأ فيها إلا سنة 1553 ؛ الحياة الفكرية فيها كانت أقل نشاطاً من الحياة في كليات سان فرنسيسكو وسان ديغونسو . وأسس أول كرسي للطب سنة 1578 ، وتلته ثلاثة منابر قبل 1666 أما كرسي الرياضيات فقد انشئ سنة 1646 .

أما جامعة سان ماركودي ليا فقد أنشئت سنة 1551 وتحتت بمداخليل ضخمة أتاحت لها أن تغذي 32 كرسياً منها كرسي للطب انشئ سنة 1638 . وأسست المطبعة في ليا سنة 1584 . وصدرت أول صحيفة دورية بعد سنة 1594 .

وفي القرن 18 وفي ظل حكم شارل الثالث قامت في أميركا الاسبانية نهضة فكرية جديدة حققة : فانشئت مدرسة للمناجم في مكسيكو ومعهد لعلم النبات في ليا ، ومرصد في ستافي من مدينة بوغوتا . وتم تأسيس جمعيات ومجلات علمية : منها سميناريو دي نونفا غرانادا . مركوريو بيسروانو (1791) تليفرافو مركنتيل (بونس ايرس ، 1801 ، الخ) .

الرياضيات - كانت غالبية الكتب الحسابية التي نشرت في أميركا الاسبانية قبل بداية القرن 19 ، تهتم بشكل خاص بالمسائل العملية الخاصة بهذه المستعمرات : أي بالعمليات التجارية الناجمة عن استثمار المناجم ، وحسابات القيمة للعائلة للذهب والفضة ، وحساب الكمية المتوقعة للملك اسبانيا .

وكان أول هذه المؤلفات هو : « سوماريو . . . كتاس » (مكسيكو 1556) وكان مؤلفه جان دياز Juan Diez درس فيه مسائل تحويل العملة ، وحدد قواعد المعاملات التجارية ، كما عالج أيضاً عدة مسائل نظرية حول الاعداد والجبر . وكان المستوى شبيهاً بالمستوى الذي كان يُدرس في مدارس أوروبا يومئذ . ونشر الى كتابين مائلين : « ليرو . . . بلدنا اورو » (ليا 1597) مؤلفه جون بلغدير Jean de Belveder وكتاب « ليرو بلا تاروديزيدا » (ليا 1607) للمؤلف غارغيا Garguilla . وكان أول كتاب حسابي حقاً نشر في مكسيكو : ارت بارا . . . « مكسيكو (1623) ، وكان مأخوذاً عن الكتب الاسبانية السابقة . ثم الحق سنة 1649 بكتاب : « ارت ارتميكا » لريتون A.Reaton . وكان الطول في الحساب العملي لمؤلفه ج . ج . باديا JJ.Padilla ، الذي نشر سنة 1732 في غواتيمالا أكثر كمالاً واحتوى بشكل خاص على دراسة الكسور العشرية . واستمر انتاج هذه الكتب حتى الاستقلال ، لسد حاجات الاستثمار النجمي ، ثم فيما بعد لسد حاجات المدارس العسكرية .

واسند كرسي الرياضيات في جامعة مكسيكو التي أسست سنة 1646 الى فرنسو ديفو رودريك Fr. Diego Rodriguez الذي تراسل مع العديد من العلماء الاوروبيين . ونشر رسالة حول مذنب 1652 . وكان اشهر استاذ لهذا الكرسي هودون كارلوس سيفنزاغونفور الذي كان مطلعاً تماماً على أعمال العلماء الاوروبيين المعاصرين . واليه يعود الفضل في دراسة حول مذنب 1680 ، واثنا مناقشة مع يسوعي نمساوي زائر في مكسيكو ، أثبت أن المذنبات ليس لها أي تأثير على الاحداث ، وهذه وجهة نظر تشرف التعليم العلمي في العالم الجديد . وفي آخر القرن 18 تفوقت الدراسة في مدرسة المناجم على دراسة الرياضيات في الجامعة ، اذ تضمنت الاولى مفاهيم الحساب اللامتناهي . وفي مجال الجيومتريا كان الانتاج فقيراً ، وقلما يمكن ذكر إلا دراسة واحدة حول تضعيف المكعب ، نشرت سنة 1696 من قبل استاذ في جامعة ليا .

علم التعدين والكيمياء - من المعلوم أن الاستثمار النجمي لعب دوراً كبيراً في غزو العالم الجديد . فللمناجم التي كانت معروفة من قبل الهنود الحمر سرعان ما استنفذت ، وفُتِش الأسبان عن مناجم أخرى واكتشفوها وكانت أكثر أهمية . وكان المنجم الشهير ، منجم الفضة في بوتوسي Potosi الذي عثر عليه صدفة في بيرو العليا (بوليفيا الحالية) سنة 1545 ، ومناجم زاكاتيكا ومناجم سنتا بربارا ... في المكسيك ، هي في أساس الثروة التي حولت اقتصاد أوروبا في القرن 16 والقرن 17 .

واستعمل الأسبان في بادئ الامر وسائل الاستخراج التي كان يستعملها الهنود الذين توصلوا الى درجة عالية من التقنية المتقدمة . وكانت العملية تتركز على قابلية الفضة للذوبان في الرصاص الذائب ، ثم استخراج هذا المعدن الاخير بصورة تدريجية عن طريق الأكسدة في الهواء . وكانت العملية تتم في أفران صغيرة مثقبة بطوب ومسخنة على فحم الخشب .

أما الأسلوب الجديد وهو أسلوب المزج (املغام) فقد ادخل الى المكسيك سنة 1556 من قبل برتولوميو دي مدينا Bartolomeo de Medina ، الذي تعلم هذه التقنية في اسبانيا على يد المالني . ويقوم الأسلوب على مزج تربة الفضة المطحونة والرطبة « بالملح » (وهو حمضيلة تحمض بيريت النحاس) والزئبق . ويحصل من جراء ذلك مزيج من الفضة يتم فصله بواسطة التسخين . وقد أتاحت هذه الطريقة استعمال تربة الفضة ذات المعدن المنخفض مع توفير في استهلاك المحروقات .. وطبقت هذه الطريقة في بادئ الامر في المكسيك ثم اعتمدت من قبل بدرو فرنا فيلاسكو سنة 1572 وعصمت حوالي سنة 1580 على مناجم الفضة في بوتوسي التي ازدهرت بعدها ازدهاراً حقاً . وادخلت تحسينات تقنية أخرى بعد ذلك : مثل استعمال المخروط المعدني لالتقاط ابخرة الزئبق وكذلك تحسين الافران . وفي سنة 1591 نشر الاشيلي جان كريناس تلميذ قديم في جامعة مكسيكو حيث علم ابتداء من 1607 ، كتاباً شهيراً عنوانه : « برميلا بارتي برويليا ... » الذي تضمن بعض الدراسات حول التعدين ودراسة مفيدة في تفسير تفاعلات التمازج .

وفي سنة 1640 ظهر كتاب مطول ومهم جداً في التعدين عنوانه فن المعادن لالسنو باربا Fausto So Barba وفيه وصف بطريقة المزج المستعمل بالتسخين . وطبع من هذا الكتاب عدة طبعات في اسبانيا وفي المكسيك وفي البيرو وترجم عدة مرات الى الألمانية .

واستمرت التقنية تتحسن في القرن 18 مستفيدة من التقدم الحاصل في أوروبا . ودرس العديد من المدراء في مدرسة المناجم في مكسيكو ، في أوروبا وخاصة في فريبرغ وفي ايسال ، واستجلبوا الى اسبانيا الجديدة معدنين من الساكس . ويجب أن نشير بصورة خاصة الى فوستو هويار Fausto d'E-Ithuyar مؤسس هذه المدرسة الذي اكتشف مع اخيه جوان جوزي Juan José الذي لعب دوراً كبيراً ومهماً في تاريخ المعادن في نوفاغرانادا ، والذي اكتشف التنجستن في اسبانيا . وعمل في مكسيكو طيلة 50 سنة تقريباً كيميائي مميز هو اندرديل ريو Andrés del Rio ، وهو السابق الى اكتشاف الفناديوم وقد نشر سنة 1795 كتاب : « المتتواوريكتوغوزيا » .

وكان الاهتمام بالكيمياء قد تم بنشر أول ترجمة اسبانية لكتاب لافوازييه Lavoisier «المطلوبة الأولى في الكيمياء» وذلك لأول مرة في مدينة مكسيكو. يقول هوبولد Humboldt «سوف يتعجب المسافر بدون شك ، حين يجد داخل البلد ، على حدود كاليفورنيا ، شباناً مكسيكيين يتناقشون في موضوع تفكيك الماء وفقاً لاسلوب المزج في الهواء الطلق ... » .

الطب - كان هناك كراسر للطب موجودة في مكسيكو منذ 1578 وفي ليما منذ 1638 .

وظل الطب في أميركا كما في أوروبا ، في القرن 16 ، طلباً تقليدياً خالصاً ، كما يدل على ذلك الكتاب الاول في الطب الذي نشر في مكسيكو بعنوان «أوبرا مديسينا» (1570) للطبيب ف . برافو F.Bravo الآتي من اسبانيا . إلا أن العديد من المؤلفات استلهم بضجل في مجال التطبيق ، المعارف الوطنية المتعلقة بالقدرات الشفائية لدى بعض النباتات . من ذلك الطبعة الثانية (مكسيكو 1592) من كتاب « تراكتادو بريفي ... » لاوغستين فارفان Agustin Farfan ، طبيب سابق لدى فيليب الثاني ، وينصح فيه بعلة ادوية مستوحات من الطبابة الهندية . ويتميز كتاب «مليشيا ... هندية» (مدريد 1600) للجندي فرغاس ماشوكا Vargas Machuca (1557-1622) بأهميته وإهتمامه بالممارسة الطبية . وهذا الكتاب الذي سمي «مرشد الفانحين» يعالج كل المسائل التي تعترض الفانح الاسباني ، ويعالج بصورة خاصة المعارف الطبية والعلاجات الضرورية في المعركة . وهذا الطب التجريبي يستعين بالتشخيص السريع وبالعلاجات البسيطة والسريعة وبعضها من أصل هندي .

إلا أن الطب الرسمي ظل أميناً للأفكار التقليدية ، ومتجاهلاً ، في القرن 17 والقرن 18 لقسم من التجديدات التي دخلت على الطب الاوروي ، كما نرى ذلك في أول كتاب طبي نشر من قبل مؤلف ولد في أميركا وهو كتاب ماركوس جوزي سلفادو Marcos José Solgado (مكسيكو 1727) . ونذكر ايضاً أنه في أواخر القرن 18 كان اجراء الحقن قد انتشر بشكل واسع في اسبانيا الجديدة وإن التلقيح دخل اليها في سنة 1804 .

علم النبات - لعبت أميركا الاسبانية دوراً كبيراً في تطوير المعارف النباتية ، وخاصة كحقل تجارب بالنسبة الى العلماء الاورويين . وكانت نباتات أميركا ، وخاصة طيلة حقتين موضوع إهتمام ودراسة . في القرن 16 ، أولاً ، ومباشرة بعد الفتح . ثم في القرن 18 لاحقاً ، بعد العديد من الحملات العلمية الآتية من أوروبا والتي اشترك فيها غالباً نباتيون أميركيون .

من المعلوم أن أميركا الاسبانية قد اغتنت أوروبا بالعديد من النباتات التي قلب بعضها الحياة الاقتصادية بالعالم . ونحن نكتفي بذكر الامثلة الأكثر بروزاً . فكنباتات مستخلصة لغايات طبية هناك الكينا - الذي استخرجت منه فيما بعد مادة الكينين - ثم الكوكا ، ثم المني ، ثم عطر البيرو ، ثم الفشاغ والتينج الخ . أما النباتات الغذائية فمنها الذرة ثم المنيهوت والفسق والبندورة والكاكاو وبصورة خاصة البطاطا . أما النباتات الصناعية فهناك المطاط وشجرة البقس .

وكان سكان البلاد الاصليون يعرفون استعمال أغلب هذه النباتات . وكان الآزتك يعتنون

بجنائن علمية نباتية حقة تحتوي على أغراس نادرة .

ولاحظ الفاتحون الاول غنى النباتات الاميركية ، وحاولوا أن يستولوا على تراث المعارف الهندية . ومنذ الفتح ، سرت معلومات كانت في الغالب كيفية حول موضوع القيمة الطبية للعديد من النباتات ، وخاصة حول القوة المضادة للسفلس في الخشب المقدس « الغاياك » .

واستطاع برناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun (1499-1590) الحصول على معلومات ثمينة من الهنود الحمر ، ومن البستان الطبي موكتيزوا في واكتسب . ولكن كتابه « هستوريا دي لا كوزا دو نونا اسبانيا » ظل بدون طباعة حتى سنة 1829 . وتعلق نقولا مونارد (1507-1588) Nicolas Monardes الذي كان يتاجر مع الهنود ، بدراسة النباتات في العالم الجديد . ونجح في تدجين بعضها في بستان له في اشبيلية ، ونشر من سنة 1565 الى سنة 1574 ، كتاباً « هستوريا مديستال » نال نجاساً باهراً وترجم الى عدة لغات .

في سنة 1570 ، قام « مجلس الهند » في أميركا باستقصاء يتضمن حوالي خمسين من الاسئلة أغلبها يبحث في التاريخ الطبي ، والنباتات والادوية المستعملة من قبل سكان البلاد الاصليين . وبعد ذلك بقليل ، وبناء على تعليمات من فيليب الثاني ، قام طبيب فرنسيكو هرنندز برحلة في اسبانيا الجديدة ، من سنة 1571 الى 1577 ، فجمع العديد من المعلومات لدى الأرتك وعاد الى اسبانيا ، وبجوزته 16 مجلداً من الرسوم والنصوص المتعلقة بالتاريخ الطبي للبلدان المزارة . وبقيت نسخة في مكسيكو ، وقد لحقت تلميحاً سيئاً من قبل فرنسيسكو غزمنز في « كاتروليبرو . . . » (مكسيكو 1615) . ورجع ن . آ . ريشي N.A. Recchi طبيب فيليب الثاني الى اعمال هرنندز ونشر منها ملخصاً باللاتينية عند عودته الى ايطاليا (روما 1628) . وعمل العديد من أعضاء « اكاديا دي لنسي » في طبعة ثانية لهذا المقتطف الذي أغنوه بالعديد من الملاحق .

ولم يصدر هذا « الرووم مديكارم نونفا هسبانيا تزوروس » إلا في سنة 1651 . إلا أن المواد التي جمعها هرنندز أودعت في مكتبة اسكوريال ، احترقت سنة 1671 مع حريق المكتبة .

واحتوى مطول كاردناس Cardenas المذكور ، ايضاً بعض المعلومات حول النباتات وورد فيه ذكر للذرة والتبغ والكوكا وبعض النباتات المنومة . وقدم مخطوطاً كتب سنة 1552 تقريباً باللغة المحلية من قبل الطبيب الهندي مارتن دي لاكروز ، وترجم الى اللاتينية من قبل احد زملائه الهنود في كلية تلال نليلولكو ، جوان باديانو Juan Badiano ، معلومات مفيدة . واكتشف ثانية سنة 1929 في مكتبة الفاتيكان ، ونشر سنة 1940 ، ونشر اليسوعي الاسباني جوزي دي اكوستا Jose de Acosta (1539-1600) بعد اقامة طويلة في أميركا الاسبانية ، وخاصة في البيرو والمكسيك ، كتاباً اسمه « هستوريا . . . » (اشبيلية 1590) وفيه يشير في الفصل المتعلق بالتاريخ الطبي الى عدة نباتات أميركية : الذرة ، البطاطا ، الاناناس ، الموز ، الكاكاو ، الأغاف والكوكا . الخ .

وقد أثارت النباتات الاميركية إهتماماً متجدداً في القرن 18 .

وكانت قيمة بعض النباتات معروفة تماماً في أوروبا ، مثل قيمة قشر الكينا الذي كان يشفي من الحمى الثالثة والرابعة والتي انتقل استعماله من البيرو الى اسبانيا ، ثم الى مختلف بلدان أوروبا . وكان المراد أيضاً درس وجمع نباتات بذات الأهمية ، مع ارضاء فضول علماء النبات الذين كان العالم الجديد يقدم لهم حقلاً واسماً من التجارب .

وكانت أميركا الجنوبية مسرحاً للعديد من البعثات العلمية . واستكشفت شواطئ البيرو والشيلي من قبل الفرنسيين فرنسوا فويه Francois Feuillee (من 1707 الى 1712) وفريزيه Frésier (من 1712 الى 1714) . وفي سنة 1735 ، أرسلت أكاديمية العلوم في باريس بعثة بقيادة بوغر Bouguer ، وكوندامين Condamine ، بقصد قياس قوس خط الهاجرة قرب خط الاستواء . وظل العالم النباتي في البعثة جوزف دي جوسيو Joseph de Jussieu ، وقد جذب هذا الحقل الواسع من البحوث ، 35 سنة في أميركا الجنوبية ، وكان يرسل لآخوته العديد من المذكرات ، ولوائح بالنباتات والبذور . ووجه كوندامين الى أكاديمية العلوم ، سنة 1738 ، أول وصف لشجرة سماها كنكينا . وبعد نهاية العمليات الجيوديزية ، نزل الامازون وذهب الى غويانا . وبعد عودته ، قدم أمام الأكاديمية ، سنة 1751 ، مذكرة « حول صمغ مظايف مكتشف جليداً في كايان . . . » صمغ سماه كاهوشو . وأضاف ملك اسبانيا الى البعثة الفرنسية ضابطين شابين اسبانيين جورج جوان وانطونيو أولوا . ونشر هذا الأخير سنة 1748 «تقريراً تاريخياً . عن أميركا الجنوبية» .

ونفس الحقبة تقريباً ، استكشف اليسوعي الشيلي ج . ي . موليـا J.I. Moli- (1738-1829) na الثروات الطبيعية في الشيلي . وابتعد سنة 1768 ، فنشر سنة 1782 ، في بولونية ، نتائج بحوثه ، وخاصة كتاباً عن نبات الشيلي . ونذكر أيضاً مرور البعثات المشهورة ،بعثات بوغفيل Bougainville وكوك Cook ، على شواطئ أميركا الجنوبية .

واحدث مجيء شارل الثالث تغييراً عميقاً في السياسة الاستعمارية الأسبانية . ومن اجل وضع جردة بالموارد النباتية في أميركا الأسبانية ، تقرر ارسال عدة بعثات علمية نباتية الى البيرو والشيلي والى غرناطة الجديدة وأخيراً الى المكسيك . .

وتولى قيادة بعثة البيرو والشيلي من سنة 1778 الى سنة 1788 هـ. رويـز Ruiz H. وج. بافون J.Pavon اللذان رافقهما في قسم من رحلتهما الفرنسي ج. دومبي J. Dombey الذي عرفت إخفاقاته .

وكانت نتائج هذه البعثة قد نشرت جزئياً في مدريد من سنة 1798 الى سنة 1802 . أما ج . ك موتيس J.C.Mutis فقد أرسل سنة 1760 الى غرناطة الجديدة (كولومبيا) فظل فيها ، فجمع العديد من العينات عن نباتات نفذ لها رسومات رائعة واعطى ليني Linne بعضاً من عيناتها .

أما البعثة الى اسبانيا الجديدة بقيادة م . سيسيـي M.Sessé فلم تصل الى مكسيكو إلا في سنة 1787 . وكانت اهدافها الاولى إقامة بستان نباتي في مكسيكو وكرسياً إضافياً (1788) ثم اصدار طبعة

كاملة عن أعمال هرناندز (ثلاثة مجلدات ، مدريد 1790) سنداً للمستندات العملية التي بقيت في المكسيك . وقام جلد حار بهذه المناسبة بين البعثة الاسبانية وعلما النبات المولدين حول موضوع لبني والمعارف النباتية عند الازتيك . وبعدها جاب رئيس البعثة م سيسي M.Sessé ومساعدته المكسيكي ج . م . موسينو J.M.Mocino ، من سنة 1795 الى 1804 ، أكثر من 3000 كلم في اميركا الاسبانية ، مكوناً مجموعة من الاعشاب غنية جداً ، ومجموعة رائعة من الصور الملونة ، نشر قسم منها من قبل عالم النبات السويسري آ . دي كندول A.de Candolle .

وفي ريو دي لابلاتا Rio de la Plata ، تجب الاشارة الى الدور المهم الذي لعبته اللجان التي قدمت سنة 1780 لتدرس الحدود بين الممتلكات الإسبانية والبرتغالية . وقد ساهمت الدراسات التي قام بها اعضاؤها في تحسين معرفة الجغرافيا ، وعلم الخرائط ، وعلم الاعراق (اتنوغرافيا) ، وفي حالة فليكس دي آزارا Felix de Azara ، كذلك تحسين المعرفة بعلمي الحيوان والنبات في هذه المناطق .

وتجب الاشارة ايضاً الى الدراسات المجرة ، في نهاية القرن ، من قبل ل في وت . هانك L.Née et Th.Hoenke ، وهما عالمان طبيعيان ملحقان بالبعثة التي كانت بادارة السندرو مالاسينا من 1789 الى 1794 . ونشر وصف لقسم من النباتات المجموعة من قبل هنكي Haenke ، في براغ سنة 1825 ، وبصورة خاصة يجب أن نذكر الرحلة الكبرى التي قام بها بين 1799 و 1804 اسكندر فون همبولد وامي بونيلان ، هذان الرحالتان اللذان زارا قسماً كبيراً من اميركا الاسبانية قطعاً فيها قطافاً استثنائياً ، من المعلومات حول الحيوان والنبات ، والجغرافيا والأتونوغرافيا ، جمعت في سلسلة كاملة من الكتب منها « محاولة حول جغرافية النباتات » (1805) ، ثم الكتابان المهمان « بلانتا آكينوكسيال » (باريس 1805-1818) . هذه الانجازات القيمة فتحت عهداً جديداً في اكتشاف واستثمار الثروات الطبيعية في اميركا الجنوبية ، ولكنها لا يمكن أن تنسي أهمية إنجازات الطليعيين الذين جلبوا للعالم معرفة واسعة عن هذه النباتات ، والذين نشروا زراعة العديد من النباتات المفيدة .

III - البرازيل البرتغالية

كان النشاط الفكري في البرازيل محدوداً نوعاً ما خلال الفترة الاستعمارية ، جزئياً بسبب اندماج الوثائق بالبرازيل الام ، ثم بسبب تشتت المراكز المدنية .

كانت السياسة الاستعمارية البرتغالية تهدف الى الغاء كل نشاط فكري في هذه المستعمرة ، فلم تحصل البرازيل على جامعة ولا على مطبعة . واقتصرت التعليم ، ايضاً ، في القرن 18 ، على التعليم الثانوي المتقدم من قبل اليسوعيين ، بالشكل التقليدي الادي الخالص .

وأشار بعض المسافرين الفرنسيين ، منذ القرن 16 ، الى البرازيل والى السكان الاصليين توبي - غاراني : من هؤلاء المسافرين تيفت Thévet الذي سافر مرتين الى البرازيل سنة 1550 و 1554 ، ثم لييري Léri ، مرافق فيلغينيون الى جزيرة الفرنسيين .

ونشر البرتغالي - ج. م. دياس دي سوزا G.S.de Souza الذي أقام في باهيا ، بين 1568 و1590 ، وإنشأ فيها مطبعة لقصب أسكر ، قبل أن يستكشف تربة المعادن والاحجار الكريمة ، داخل البلاد - « تراتادو . . . برازيل » ، وتضمن هذا الكتاب معلومات مهمة حول حيوانات ونباتات البرازيل . نذكر أيضاً « اكتشاف الكورار » سنة 1563 ، من قبل ب. م. دانجيرا الذي رافق الجيوش البرتغالية الى باهيا . وفي القرن 17 ، تمت حركة علمية مشرقة نوعاً ما ، في البرازيل الهولندية في ريسيف ، حول موريس دي ناسو Maurice de Nassau ، من 1637 الى 1644 . وإنشأ هذا الأخير مرصداً ، ويستأن نبتاتاً وحيوانياً واستقدم معه العديد من العلماء الذين نشروا مؤلفاتهم عند عودتهم الى البلدان المنخفضة . نذكر منهم طبيباً من امستردام ، بيزو Piso الذي درس النباتات الطبية وسم الكورار ، وخاصة شريكه الألماني ج. ماركغراف G.Maregrav الذي وضع « التاريخ الطبيعي للبرازيل » (امستردام 1648) . وهو كتاب مهم جداً لمعرفة النباتات والحيوانات في البرازيل . والذي قام بملاحظات مهمة طوبوغرافية ، وارصادية جوية وفلكية - وقد رصد بشكل خاص كسوف 1640 والمؤلف المذكور من قبل ماركغراف ، يعزوا الى نقص غذائي في حالات العمى الليلي الملحوظ وجوده لدى عبيد في المنطقة التي أقام فيها ناسو Nassau مستوطنته . وفي سنة 1643 ، نفذ الهولندي كهوت Eeckhout سلسلة من الرسوم الملونة حول توبي- كاراني . وعدا عن هذا المركز الثقافي العلمي الذي زال بزوال الهولنديين ، لا يمكن الاشارة إلا قليلا الى عدد من الدراسات حول النباتات وحول المناظر الاستوائية ، قام بها علماء اجانب متنوعون : وليم دامبييه William Dampier 1704 ، ل- أ بوغنفل L.A.de Bougainville الذي توقف في ريودي جانيرو سنة 1765 ، وفيليب كومرسون Ph.Com- merson الذي قدم لبلستان الملك مجموعة جميلة من نباتات البرازيل ، وسير جوزف بانكس الذي أقام فيها سنة 1768 .

ويتوجب أخيراً ذكر أن برتولوميه لورنسو Bartholomeu Lourenço الملقب غوسماو (1724-1685 Gusmao) الذي كان أحد الطليعيين في الصعود الى الفضاء بالمنطاد ، كان برازيلياً ، ولد في سانتوس ، ثم جاء الى البرتغال صغيراً ، فدخل في جمعية يسوع . وجعلته تجاربه التي أجراها في لشبونة سنة 1709 يعتبر أحياناً وكأنه السابق المباشر للاخوين مونزولفييه ، والواقع أن تجاربه اقتصر على الارتفاع عدة أمتار ، بواسطة بالون صغير منفوخ بالهواء الحار . أما نسبة رسمه « باسارولا » الى غوسماو ، وهي مشروحة كيفي لآلة طائرة استأثرت الفضول في مطلع القرن ، فهي مضللة . كان غوسماو أكاديمياً ، وجاني صدقات ملكي ، وقد لوحق من قبل محكمة التفتيش في أيلول 1724 وهرب الى طليطلة حيث مات بعد شهرين .

وكان لا بد من انتظار نهاية القرن 18 ، حتى تظهر في البرازيل نهضة علمية جديدة ، تبعت عصرنة العلوم في البرتغال ، وتبعت نهضة جامعة كمبر بتأثير الماركيز بومبال Pombal ، وأحب كثير من البرازيليين الذين درسوا في كمبر مذاق العلوم . في حين تأسست في ريودي جانيرو أكاديمية علمية وجمعية أدبية ، كما حدد الجغرافي لارسيديا الميدا Larcedae Almeida مستحدثات العديد من

مدن البرازيل ووضع خارطات لعدة مناطق . وقام العالم النباتي اسكندر رودريغ فريرا الملقب همبولد البرازيل باستكشافات علمية في الامزونيا وكتب العديد من الدراسات في علم النبات وعلم الحيوان ونقلت مخطوطاته من لشبونة الى باريس ، بعد ان احتل الفرنسيون البرتغال سنة 1808 . واستفاد من هذه المخطوطات جوفروا سانت هيلر Geoffroy Saint-Hilaire .

أما العالم بالمعادن جوزي بوري فاشيو José Borifacio فدرس مناجم البرازيل قبل أن يصبح صاحب كرسي في علم التعدين في جامعة كمبر .

ولكن البرازيل كانت ما تزال محكومة بقسوة من قبل لشبونا . ولهذا منعت الحكومة البرتغالية همبولد من دخول البرازيل سنة 1800 . وادى الاحتلال الفرنسي للبرتغال الى اجبار الامير الوصي على العرش ، الملك جان السادس مستقبلاً الى اللجوء الى البرازيل ، مما حول الحياة في المستعمرة . وفتحت البرازيل أمام التجارة الخارجية ، وتأثرت بالعالم الخارجي . وتأسست فيها المؤسسات العلمية والثقافية العديدة : مثل المطبعة الملكية ، البستان النباتي ، المتحف الملكي ، الكلية الطبية الجراحية ، الاكاديمية العسكرية الخ . كما شجعت الدراسات العلمية والتقنية - نذكر مثلاً الترجمة البرتغالية لكتاب لاكروا : « متممات الجبر » (ريودي جنيرو 1813) . وينفس الحقبة نشر ف . ميلوفرونكو F.de Mello Franco 3 مطولات مهمة جداً حول الحميات التي تحتاج ريودي جنيرو وحول علم الصحة وحول فن رعاية النسل .

ودخلت البرازيل بعد هذا في حلقة العلم العالمي . ولكنها عندما أصبحت دولة مستقلة كان عليها أن تعمل الكثير لسد النقص المتراكم عبر ثلاثة قرون

IV - أميركا الفرنسية

في القرن 17 و18 ، شكلت وزارة البحرية ، المسؤولة عن فرنسا الجديدة ، مركزاً للتوسع الاستعماري والاقتصادي والعلمي . وكان هذا المركز يتمحور حول برنامج معقد : الابحار البحري أو المحيطي ، العناية بالمدن الثغورية والعناية بالشبكة الهيدروغرافية ، رعاية الحيز الفرنسي في أميركا .

ومع الاخذ بالاعتبار بمجمل العلاقات بين أوروبا وأميركا ، يضع تحليل تراث مختلف مكونات الثقافة الفرنسية في تلك الحقبة تحت الضوء أهمية وزارة البحرية بالنسبة الى المستعمرات . وبالفعل كانت هذه الوزارة عامل حضارة . فقد ساهمت في حركة الهجرة نحو أميركا ؛ وشجعت البحث العلمي والتبادل الثقافي والاقتصادي في عالم الاطلسي . ونشأت المستعمرات من الحاجة الى المتوجات التي تطلبها الدول الام . وانطلقت هذه المستعمرات على أساس توسع التجارة الاطلمسية .

واحدث ارتفاع الطاقة العلمية ردة فعل تسلسلية أصابت كل مناحي الحضارة . وادى هذا الصعود الى استحداث مواقف فكرية جديدة وإلى تذوق الدقة .

وتم استلحاق الجهاز البشري اللازم للبحوث في مجالات الهيدروغرافيا وعلم الفلك البحري وعلم الخرائط عن طريق وزارة البحرية حيث كان يتدرب الحكام والولاة الذين كان الملك يسميهم لفرنسا الجديدة .

وكان الأمناء العامون التابعون للبحرية أمثال جان باتيست كولبر Jean-Baptiste Colbert ، ولويس فليبو Louis de Phélypeaux ، كونت بونشارتران ، وجان فردريك فليبو Jean Frédéric Pélypeaux ، كونت مورياس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، وانطوان لويس رويلا Antoine Louis Rouillé كونت جوي وكلهم من المتحمسين المتتورين للعلم الفرنسي ، فأعطوا لممثل الملك في كندا تعليمات تتعلق برصد ومراقبة الأحداث الداخلة في التاريخ الطبيعي . وقبل لافوازيه أسس ولاة فرنسا الجديدة ، مزارع حقيقة تجريبية ، منها مزارع جان تالون Jean Talon وجيل هوكار Gilles Hocquart . ويعتبر الاستقصاء الديموغرافي للوالي تالون من أوائل الأعمال الحديثة في هذا المجال . ويتأثر وتشجيع من تالون Talon ، اطلع س.ف. دومون سالنوسون S.F. Daumont de Saint Lussou ول. جولي Joliet . استاذ علم الخرائط المائية في كلية كيبك ، وب. ماركيت P. Marquette ، وب.د. سان سيمون P.D. Saint-Simon ، وب. البانيل P. Albanel ، كلهم عرفوا الواقع الجغرافي للقارة الاميركية الشمالية .

وبرزت في تقاريرهم الى الاكاديمية الملكية للعلوم هذه الوقائع فصورت أمام وزارة البحرية وأمام بستان الملك ، وضمت الى أميركا الفرنسية مركز بحوث دولة حديثة . ودعماً لهذا الموضوع ذي الطبيعة العامة ، يجب أن نذكر ، مع أشياء أخرى الانجاز العلمي الذي حققه هـ. ل. دوهامل مونسو H.L. Duhamel du Monceau بصفته مفتشاً للبحرية ، وانعكاس هذا الانجاز على كندا . كما تجب الإشارة الى الحملات الجغرافية بقيادة روبر كافليه دي لاسال ولويس هاتيني ، وغولتيه دي لافرنديري . والخرائط الهيدروغرافية الملكية لكندا التي وضعها ج. ب. ل. فرانكلين J.B.L. Franquelin ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين الباحثين في فرنسا الجديدة والباحثين في أوروبا وخاصة تورنفور وريومور وجوسيو وبوغر Tournefort , Réaumur, Jussieu, Bouger وبوفون Buffon والسويدي ب. كالم P. Kalm تلميذ ليني .

وسندا لماري فيكتورين Marie Victorin مؤلف كتاب النباتات اللورنتية قد يكون الوصف الدقيق لكثير بريون Brion في جزائر الماديلين من قبل جاك كارتيه Jacques Cartier ، وقد نحر في القرن الـ 20 . وتضمنت روايات رحلات شمبلين وليسكارسو وساغار ، ورسائل المبشرين ، المعروفة تحت اسم « رسائل اليسوعيين » ، معلومات ثمينة تتعلق بنباتات شمال أميركا ، وساهم بستان الملك في حركة نشر المعارف العلمية المجموعة في أميركا : وشجع ج. ك. فاغون G.C.Fagon زراعة النباتات الاستعمارية كما شجع الاستقصاءات التي قام بها ب. بلوميه P.Plumier في جزر الانتيل واستقصاءات ب. فوييه في أميركا الجنوبية . أما السراسيني وهي تحفة السافانا الكندية ، بحسب تعبير ماري فيكتورين ، فملينة بأسمها الى ميشال سارازين Michel Sarrazin ، مراسل

تورنفور Tournefort وريومور Réaumur . أما النباتات التي دونها سارازين Sarrazin وج. ف. غولتيه J.F.Gauthier فقد حللها ج. روسو J. Rousseau .

وفي النصف الاول من القرن 18 ساهمت لويزيانا ايضاً في ادخال نباتات اميركية الى فرنسا والرسائل التي ارسلها جان برات Jean Prat من أورليان الجديدة الى برنار جوسيو في بستان الملك ، ما تزال محفوظة في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي .

إن هذه الرسائل فضلاً عن أنها تصف الظروف الاقتصادية الاجتماعية في لويزيانا بخلال السنوات 1746-1735 فهي تكشف عن العلاقات التي كانت قائمة بين هذه المستعمرة والوزير مورياس Maurepas . وعلم النبات الذي يشكل الموضوع المسيطر في هذه الرسائل بين برات وجوسيو، كان يجذب التبادل بين فرنسا الجديدة وعلماء الوطن الفرنسي الام . لقد حلل ب. جوسيو ب. بوغر كتاب دوهامل دي مونسو حول الاشجار والشجيرات ؛ وتضمن هذا الكتاب إشارات عدة الى نباتات أميركا . ويفضل البحرية ، يَسرّ العمل الفرنسي الكندي ، مؤلفة الاشجار من أصل مناطق سان لوران ، والجزيرة الملكية المسماة اليوم جزيرة كاب برتون ، ولويزيانا ، في بستان الملك .

بالإضافة الى خارطة فيليب بواش Philippe Buache ارتكز الوصف الملعني لكندا ، من قبل ج. ي . غيتار على بحوث رولان ميشال باران دي لالاغليسونيار حاكم فرنسا الجديدة وبحوث جان فرنسو غولتيه طبيب الملك وعالم نباتي . وفي كتاب « تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم » شهد غيتار على المساهمة الكندية في انجازها العلمي . وسنداً لـ د. ج. ستروك D.J.Struik لقد استبق ، في دراسته المقارنة لبيولوجيا كندا وسويسرا ، نظرية التجمعات التي طورت فيما بعد . وأعطى تقدم العلم البحري الفرنسي ثماره في كندا : فالهندس ليفاسور Levasseur نفذ في معمل كيبك مبادئ الرياضيات التي وضعها ب. بوغر P.Bouguer حول بناء السفن والنظرية حول مناورتها . وقد اخذ بوغر بالملاحظات الفلكية التي وضعها م. شارتيه دي لوتبينيير M.Chartier de Lotbinière . كما عرف ايضاً أعمال ب. ج. دي بونكيب P.P.J. de Bonnécamp استاذ الهيدروغرافيا في كلية كيبك ويعود الفضل الى غاليسونيار Galissonière وكان يُمثِّل مدير مستودع الخرائط والتصاميم في البحرية ، الفضل باعداد البعثة الهيدروغرافية بإدارة ج. ب. شابر دي كوغولين J.B. Chabert de Cogolin الى كندا سنة (1750-1751) . ونورت هذه البعثة دور الوزير مورياس الذي كان يتم تصحيح الخرائط البحرية في عصره . وكان الهدف بالضبط تعديل خرائط شواطئ آكاديا والجزيرة الملكية وجزيرة الارض الجديدة ، ثم تثبيت النقاط الرئيسية بالملاحظات الفلكية . ونشر شابر دي بريس تقريره عن رحلته سنة 1753 .

ويفضل مساعدة شارتيه دي لوتبينيير Chartier de Lotbinière ، ومساعدة ب. بونكيب P. Bonnécamp ، وج. ف. غولتيه J.F. Gauthier حاكم فرنسا الجديدة ، كان غاليسونير في مركز الاهتمامات العلمية في الحيز الفرنسي في أميركا ، والمركزة على إهتمامات وزارة البحرية ، وبستان الملك والاكاديمية الملكية للعلوم . وبحسب تعليقات مورياس ، استضاف غاليسونيار Galissonière في

كندا العالم النباتي السويدي ب. كالم. وتضمنت رواية كالم عن الرحلة معلومات مفيدة تتعلق بالمظهر الاجتماعي الثقافي لكندا وإيضاً عن الحياة العلمية التي كان يحفزها غاليسونبار وغولتني وتدل التقارير التي تضمنتها كتب الرحلة الموجودة في السفن الملكية التي كانت تبحر بين فرنسا وفرنسا الجديدة في القرن 17 والقرن 18 ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين وزارة البحرية والحكومة الاستعمارية ، على الروابط التي كانت تجمع عبر الأطلسي ، بين فرنسا وحيزها في أمريكا الشمالية .

وتشكل المصادر الضخمة المخطوطة ، والتي أودعت حديثاً في الولايات المتحدة⁽¹⁾ . مجموعاً مستدياً غنياً جداً ، يستخدم كأساس ، بمساعدة من « مجلس الفنون في كندا » ، لوضع دراسات جديدة حول النشاط العلمي في « فرنسا الجديدة » ، كقسم إداري من وزارة البحرية الفرنسية .

وفي مجال الهيدروغرافيا ، وعلم النبات وعلم المناجم ، وعلم الفلك البحري ، تسجل كندا أو فرنسا الجديدة في القرنين 17 و18 ، ضمن الحركة الفرنسية لتنمية ونشر المعارف العلمية . وقد بين كتاب جون و. ريس John W. Reps تكون أمريكا المدينة The making of urban America (برنستون 1965) بأن نماذج كيك ومونريال ، وأورليان الجديدة ، قد لعبت دوراً مهماً في التنظيم المدني في أمريكا الشمالية ، في الحقبة الاستعمارية . ومسألة النشاط العلمي في فرنسا الجديدة ، وعلاقات الباحثين في كندا مع الباحثين الأوروبيين ، تقع في أفق أمريكا الفرنسية التي كانت تشكل حقاً قسماً متكاملًا مع فرنسا حتى سنة 1760 .

٧ - أمريكا الشمالية البريطانية

إذا اعتبرنا تطور العلم الأمريكي قبل تأسيس جمهورية الولايات المتحدة ، لا يسعنا إلا أن نتأثر بوجود حتى مثل هذا النشاط العلمي . ويمكن الظن بأن الضرورات الملحة في بلد جديد ، وحاجاته إلى التفصيل وإلى التصغير - بناء المدن ، قطع الغابات وخلق الأراضي القابلة للزراعة ، الصراع ضد الهنود الحمر والحروب الأوروبية ، نقل الحدود نحو الغرب ، والحاجة الملحة للحصول على المواد اللازمة للحياة - جعلت اعتبار البحث العلمي ابهة لا يمكن الوصول إليها . ومع ذلك ، في القرن 17 و18 ، كان الانجذاب إلى العلم قوياً إلى حد حمل على انشاء جمعيات علمية في مستعمرات أمريكا ، وإلى حد القيام بمختلف البحوث العلمية وإن العالم الجديد قدم مساعدات من الطراز الأول

الأوصاف الأولى للحياة والنبات - إننا نجد بداية مناسبة لدراستنا في الارساء ، في 17 آب

(1) مؤسسة موريباس Maurepas : جامعة كورنل ، وجامعة أوهيو الحكومية ، وجامعة روتشستر ، ثم متحف لايبون ونترتر ، ديلاور ؛ مؤسسة هنري لويس دوهاميل دي مونسون Henri Louis Duhamel du Monceau : الجمعية الفلسفية الأمريكية ؛ مؤسسة انطوان لويس بوغفيل Antoine - Louis : مكتبة تونريت العامة

1585 ، في ونغانداكو، فيرجينيا (اليوم كارولين الشمالية) لثوماس هاريو Thomas Harriot وهو أول انكليزي استكشف ووصف الخصائص الطبيعية لأمريكا الشمالية

كان هاريو Harriot معروفاً كجبري أكثر منه علماً طبيعياً ، وأرسل الى فيرجينيا كمساح ، وملاحق ومؤرخ رسمي ، وبقي فيها قرابة سنة ، وعاد الى انكلترا في تموز 1586 . واذن فقد تضمنت أول مجموعة حاولت أن تقيم مستوطنة بريطانية في أمريكا مراقبةً علمياً متميزاً

وعند عودته الى انكلترا ، نشر هاريو «تقريراً موجزاً وحقيقياً عن الارض الجديدة : فيرجينيا » (48 ص قطع ربعي ، لندن 1588) . وهذا المجلد أعيدت طباعته سنة 1590 مع رسومات مستوحاة من ملونات جميلة رسمها رفيق هاريو اسمه جون وايت John White . وما يزال هذا الكتاب حتى اليوم يؤثر بصدقه وصحته غير المصطنعة

من ذلك أن هاريو قد صرح بأنه عرف اسماء 28 حيواناً.، ولكنه لم ير شخصياً إلا 12 . أما وصفه للابليات (مجموعة الايائل) الأميركية فلم يُنَلَّ عليه طيلة قرنين . وقد عرف هاريو اسماء 86 طائراً، كما حصل بواسطة وايت على رسوم لـ 17 نوعاً أرضياً و8 أنواع مائية . وبفضله عرف الأوروبيون العديد من الأشجار والشجيرات وغيرها من النباتات والأسماك والصدفيات . ونقل الى أوروبا نباتات التبغ والبطاطا ، وربما كان أول مدخن معروف مات بسرطان الرئة .

وبعد هاريو جاء رجال آخرون اكفيا تركوا لنا لموصافاً دقيقة للمنطقة ، وللحيوان والنبات الموجودين فيها . وصل الكابتن جون سميث John Smith الى جامستون سنة 1606 فكتب وصف لانكلترا الجديدة (لندن 1616) وقد اعطى لهذه المنطقة اسمها الحالي ، ووصف لأول مرة العديد من الثدييات (ومن بينها الابل) والأسماك والقواقع وازهاراً وطيوراً وأشجاراً . ونذكر ايضاً « مشاهد عن نيو انكلند » لوليم وود William Wood (لندن 1634) ، نيو انكلش كانان لثوماس مارتون Thomas Morton (امستردام 1637) . وفي أواخر القرن ، أتاحت غزارة الادب لجون جوسلين John Jos-selyn أن ينشر كتاباً تركيبياً استخلاصياً « نوادر نيو انكلند المكتشفة : الطيور ، الحيوان ، الاسماك الافاعي والنبات في هذه المنطقة » . ولكن الاوصاف الجيدة والدقيقة والصحيحة أمثال اوصاف هاريو وسميث ، زالت لتحل محلها لغة مزوقة وحكايات غير مراقبة . وليس من السهل جداً التمييز بين ما جمعه جوسلين ودمجه واخترعه . كتب يقول : « إن الشعر يتحول عادة الى شوفان » مطبقاً بالتالي على العالم الجديد هوايات « التاريخ الطبيعي » لبلين Pliny . ولماذا قبل الأوروبيون بهذه الابطال ؟ ربما لان العالم الجديد كان بعيداً جداً ، فبدأ لهم أن كل شيء ممكن في هذه المملكة الأجنبية .

اتجازات علماء النبات الاميركيين في القرن 18 - في مطلع القرن 18 رأت اميركا صعود نشاط قوي في مجال علم النبات ، فالى جانب الاهتمام الدائم الذي تقدمه منطقة ذات نباتات مجهولة ومفيدة ، كان هناك الطلب الآتي من انكلترا على النباتات الجديدة ، التي من شأنها أن تقدم منفعة طية . لقد كانت الزراعة في تلك الحقبة النشاط البريطاني الرئيسي وكانت هذه البلاد مسرحاً لقيام

بساتين مرتبة ومدروسة بحسب النمط الهولندي وبحسب التنظيم المنظري للممتلكات

وقدم علماء الطبيعة الاميريكون النباتات المفيدة المطلوبة . ولكن هؤلاء النباتين لم يكونوا مجرد جامعين للنباتات ، بل درسوا تشريح النبات (وخاصة الزهرة) وتحليلوا بعض التجارب المهمة في مجال الفيزيولوجيا . وكان الانجاز الكبير الاول والعلمي في العالم الجديد ، سلسلة من التجارب حول التهجين Hybridations النباتي الاصطناعي أو المراقب . وأهمية إنتاج هذه المبدعات ناتجة عن علاقاتها بنظرية الجنسية النباتية ، التي كانت تبحث تبعاً لأفكار قدمها نهمياه غرو للجمعية الملكية سنة 1676 . وذكر كوتون ماثر Cotton Mather عضو الجمعية الملكية ، التجارب الاولى حول التدجين النباتي في كتاب ارسله من بوسطن في 24 ايلول 1716 الى جامس بتيفر James Petiver وفيه يصف بوضوح إنتاج « مبدعات زي مايا » و« كوكويتا بيبو » ولاحظ « عملية تنظيم الخلايا » التي تقترن به ، وكذلك ظهور السيطرة . وأدخلت مادة هذا الكتاب في فصل « في النباتات » من كتاب ماثر المعنون « الفيلسوف المسيحي » (لندن 1720) ، أول كتاب جامع حول العلوم ، مع إضافة «تعديلات ذات استلهم ديني »

وقد كتب هذا المؤلف في اميركا البريطانية . وتكلم ماثر الذي كان يأخذ بنظرية غرو Grew حول جنسانية النباتات ذات الزهر ، عن « قلم السمة » (المسمى آتيور من قبل الدكتور غرو) وفيه نوع من المني الذكري من اجل تخصيب البذرة . ويعمد ذلك بقليل ، اكتشف بول دودلي Paul Dudley ، النائب العام في مستوطنة ماساشوست ، إمكانية تدجين الذرة . ووصف هذه الظاهرة بشكل قريب جداً من وصف ماثر في مقال بعنوان « ملاحظات حول بعض نباتات نيو انكلند ، مع التركيز على طبيعة النبات وقدرته (المعاملات الفلسفية 1724) . وقد أثرت هذه المقالة بجمهور واسع جداً ، واتخذت أساساً لمقالتين أخريين « التوالد » و« الذرة أو القمح الهندي » - في قاموس الجينياتي لميلر Miller . وقد طبع هذا القاموس عدة مرات في انكلترا وترجم الى الألمانية .

وهناك تجارب أخرى ، أكثر أهمية ايضاً ، نفذت في فيلادلفيا ، من قبل جيمس لوغان James Logan ، الذي جاء الى بنسلفانيا سنة 1699 كسكرتير لوليم بن William Penn . وكرس هذا العالم الهاوي قسماً كبيراً من وقته للرياضيات ، والفيزياء وعلم الفلك ، وحاول حتى أن يؤسس علماً أخلاقياً على الفيزياء الرياضية . وتضمنت مكتبته العلمية ، وهي الاجل في اميركا ، بشكل خاص الطبوعات الثلاث لـ « مبادئ » نيوتن ، وكتب اريخيدس واقليدس وبطليموس ، وغاليليو وكبلر ، وهويجنس وفلامستيد وهينليوس ، وجيلبرت وهارفي وليونوك وماليجي ، وليني وغرو وبورهاب وسيدنهام وبويل وهوك الخ . وقد أعار لوغان هذه المؤلفات لأشخاص عديدين ، ومنهم بنجامان فرانكلين وجون برترام . واخترع احد المقرئين اليه ، توماس غودفري Thomas Godfrey ، سنة 1703-1731 نوعاً من الساعات البحرية ، شبيهة جداً بالساعة التي صنعت في انكلترا من قبل جون هادلي ، والتي وصفت قبل ذلك بعام أمام الجمعية الملكية . ولما كان غودفري مخترعاً معزولاً ، فإنه لم يقطف ابداً المجد الذي تستحقه أعماله .

وخلال آلامه ، اذا كانت منشورات لوغان حول البصريّات لم تثر الانتباه كثيراً ، فمن المعلوم أن تجاربه حول نزع العرائس المذكورة من نباتات الذرة قد أتاحت له درس توالدها بشكل أكثر احاطة مما يسر حتى ذلك الحين . وقد جلبت له رسالة نشرها حول هذا الموضوع سنة 1736 في « المعاملات الفلسفية » المديح من قبل ليني . وقدم عرضاً أكثر كمالاً في « تجارب . . . حول توالد النبات » نشر في ليد سنة 1738 تحت رعاية غرونوففوس Gronovius ، ووصل هذا الكتاب الى جمهور كبير ، وأثار تعليقات عديدة منها تعليق لليني . وبرزت أهمية هذا الكتاب ، خاصة وإن نظام التصنيف عند ليني يرتكز على تحليل الاعضاء التناسلية عند النباتات . وهكذا أثبت تجارب ماطر ودودي ولوغان ، زيادة على أهميتها البالغة . في دراسة توالد النباتات ، متانة النظام الجديد للتصنيف . ومن الملاحظ أن السهولة التي أمكنت بواسطتها السيطرة على توالد الذرة أو « القمح الهندي » جعلت منها نبتة مختارة لدراسة علم الولادة . وقد استعمل اثنان من أصل ثلاثة غلها أعادوا اكتشاف أعمال مندل ، في بداية القرن العشرين الذرة كنبتة تجريبية ، وذلك بالغاء النباتات المذكورة ، وفقاً للطريقة التي ادخلها لوغان

ومن بين علماء النبات الآخرين الأميركيين في القرن 18 ، يذكر جون كلينتون John Clayton الذي نشر كتابه فلورا فيرجينيا في ليد سنة 1739 من قبل غرونوففوس Gronovius يساعده الشاب ليني . ودرس مارك كاتسبي Mark Catesby النباتات كما درس أيضاً الطيور والحيوانات وقد وصفها وعرضها بشكل فخم في كتابه الرائع « التاريخ الطبيعي لكارولينا وفلوريدا وجزر الباهاما » (لندن 1754-1771) . وكان جمع النباتات صعباً في أغلب الأحيان . من هذا أن جون ميتشل John Mitchell صديق فرنكلين وليني ، الذي توطن في فيرجينيا سنة 1700 والذي عرف خاصة بـ « خارقة الممتلكات البريطانية والفرنسية في أميركا الشمالية » (لندن 1755) وهو يعتبر بداية علم الخرائط العلمية في أميركا الشمالية - خسر أثناء عودته الى انكلترا سنة 1746 ، المجموعة الغنية من النباتات التي جمعها .

كتب الى ليني يقول : « كم كنت سعيداً أن أرسل لك بعض النباتات ، لو أنها لم تهلك ، بفعل القرصنة ، وليس اقل من ذلك ما لحق بها من ضرر بفعل السفر في البحر ، بحيث انني لم يبق لي الا زهرة واحدة سالمة ، من اصل الف نموذج » .

واشتكى ليني بدوره عبر رسالة الى هالر :

« وكل النباتات التي ارسلت لي من نيويورك وقعت بين ايدي الاسبان ، وكذلك تلك التي جمعها الدكتور ميتشل منذ العديد من السنوات في فيرجينيا ، وهو نفسه عائد الى انكلترا ، إنما بحالة اليأس لقد خسرت في نفس السفينة العديد من النماذج والعديد من الاوصاف أرسلها الحاكم كولدن من نيويورك » .

وكان كادوالادر Cadwallader طبيباً اسكتلندياً وصل الى أميركا سنة 1718 ثم أصبح ناظراً عاماً (مديراً لمصالح المسلحة) وضابطاً حاكماً لنيويورك .

ومساعدته ابنته جان Jane ، وهي أول امرأة نباتية في العالم الجديد ، في جميع النباتات وتصنيفها

وفقاً لمنهج لبني . ونشر غولدن كتاباً حول الهندو الحمر وكتابه عنوانه « تفسير الاسباب الاولى للعمل في المادة ، وسبب الجاذبية الكونية » (نيويورك 1743 ، ترجمة فرنسية بقلم د. كاستل D.Castel باريس 1751 . وكان نباتي آخر أميركي هو الدكتور اسكندر غاردن Alexander Garden ، من شارلستون (كارولينا الجنوبية) ، صديقاً للبني الذي اهدى اليه اسم نبتة هي الغاردينيا . وكان جون برترام ، وقد سماه لبني « اعظم عالم نباتي طبيعي » حي ، رجلاً عصامياً ، وكان مزارعاً ثم اصبح رجل علم وكانت شهرته كبيرة لدرجة أن الهدايا والتكريم تدفقت عليه من العالم اجمع . وقدم برترام نباتات الى لبني والى جامعين بريطانيين ، وبصورة غير مباشرة ، الى بستان النبات في باريس . وبعد أن يش برترام من جراء الحاسرات المحيطة عندما قام الفرنسيون والاسبان بالاستيلاء على مراكب تحمل نباتات الى انكلترا ، خطرت له فكرة ارسال صناديقه « في حالة الاسر » الى دالبير Dalibard والى بوفون Buf-fon او جوسيو Jussieu في باريس . وقد شجعه على ذلك فرانكلين ولوغان فاكشف وقدم نباتات أميركية الى كل من فرنسا وانكلترا أكثر من أي مستكشف آخر معاصر ، ولد في هذين البلدين . فضلاً عن ذلك ، قام هو ايضاً بدراسات حول الجنسية النباتية وحول التهجين النباتي .

وإذا كانت دراسة علم النبات ناشطة جداً في أميركا البريطانية : وكان هذا النشاط هو أكثر من جمع الاغراس اذ كان يتضمن تجارب ذات قيمة كبيرة حول تولد هذه الاغراس . وربما كان علم الحيوان اقل ازدهاراً . ولهذا السبب ربما استطاع رجال من أمثال بوفون والاباتي رينال ان يقدموا بيسر بالغ النظرية القائلة بأن الحيوانات المنقولة من العالم القديم الى العالم الجديد « تتراجع » وتصبح صغيرة وضامرة . ونعثر على شكل مسرف لهذه النظرية عند الشاعر البريطاني غولدميث الذي يزعم أن الطيور الصداحة « المتفهرة » في أميركا لا تغني . وحمل انتشار هذه النظرية توماس جيفرسون Thomas Jefferson على تكليف بعثة لاسر ظبي ضخم ثم ارساله الى باريس ، حتى يثبت أن أميركا تنتج حيوانات طبيعية أكبر من الحيوانات التي يمكن أن يعثر عليها في أوروبا . ولا شك أن كل القسم البيولوجي في « مذكرات حول فيرجينيا » لجيفرسون تعكس الهاماً مماثلاً .

الطب - قدمت أميركا الشمالية في المجال الطبي مساهمة رئيسية . في سنة 1721 ، وخلال وباء الجدري في بوسطن ، ساهم كوتون مائر في ادخال عملية التطعيم ، التي سبق وعرضت في العديد من المنشورات العلمية ، كما كانت تطبق في الصين وتركيا ، والتي سمع ايضاً مائر وآخرون بأوصافها على لسان عبيد افريقيا . وبشجاعة رائدة ، قاوم مائر المعارضة القوية لدى بعض الاطباء ولدى قسم كبير من السكان ، ودافع عن هذا الاجراء الجديد واستطاع أن يقتنع طبيياً في المدينة ، زاذيال بويلستون Zadiel Boylston ، بأهمية التطعيم . وكان اعضاء عائلة مائر من بين الاوائل الذين تلقوا هذا العلاج . هذه التجربة في بوسطن قدمت أول مجال لتجريب عملية التطعيم ضمن ظروف مراقبة . فضلاً عن ذلك قدم التقرير الاحصائي الذي نشره مائر وبويلستون Boylston واحداً من الأمثلة الأولى التاريخية في التحليل الكمي لمسألة طبية . فقد افترض بويلستون Boylston ، تماماً أن هذه العملية الجديدة تنتج أو تنهار بحسب حساب احتمالات الوفيات التي يسببها النوعان من التلوث أو

العدوى . التلوث الطبيعي بالجراثيم الملتصق بشكل عادي والعدوى المصطنعة المثارة بفعل تلقيح المريض بالقيح الآتي من مريض مصاب بشكل طفيف . وكانت الاحصاءات مقنعة للغاية حتى أن عملية التلقيح أصبحت شائعة الاستعمال حتى استبدالها بالتلقيح بالعسل .

ورغم أننا لا نجد في المجال الطبي مثلاً آخر يمثل هذه الاهمية ، فقد كان هناك أيضاً باحثون آخرون في هذا المجال . من ذلك ان جون لينينج John Lining من شارلستون (كارولينا الجنوبية) الذي قام بدراساته الطبية في أدينبره ، ارسل الى انكلترا أول وصف دقيق صادر عن العالم الجديد لدلائل الحمى الصفراء . وقدمت دراساته الارصادية الجوية معلومات ثمينة ، ولكن أعماله الأفضل تناولت الايض البشري ، وبصورة خاصة العلاقة بين الامراض الوبائية والظروف الجوية . وكان يدون يومياً وزن ما يخرج منه ووزن الاطعمة التي يتناولها فقدر العرق نتيجة تغير الاوزان في ثيابه . وربط هذه النتائج اليومية بحرارة الجو وبالمدة الزمنية الحاصلة .

الاهتمام بالعلم - إن قراءة المواعظ الدينية الملقاة عبر القرنين 17 و 18 في اميركا ، وبصورة خاصة في انكلترا الجديدة ، يتيح استخلاص تقدير صحيح للعلم في ذلك الزمن فلم يكشف الوعاظ فقط والناس ايضاً في ذلك الحين بعدم اعتبار العلم عدواً للوحي المنزل ، بل إن الوعاظ كانوا يرون أن الطبيعة تقدم شهادتها لتسند تعاليم الكتابات المقدسة ، إن كلام الله موجود في الكواكب وفي النباتات وفي الاحجار كما هو موجود في الكتاب المقدس . وهناك مثل ذو دلالة على هذا الرأي ، ظهر في كتيب سنة 1726 ، موجه لطلاب الرعوية . وقد ورد فيه ان الفلسفة التجريبية ضرورية جداً لتثقيف الوعاظ كما هي ضرورية جداً للأشخاص الآخرين . في هذه الفلسفة التجريبية كان المرشد هو سير اسحاق نيوتن الذي لا مثيل له .

وادخل العلم الجديد - علم غاليليه ويوبيل وهوك ونيوتن - في التعليم الاميركي على يد شارل مورتون Charles Morton الذي فتح في حوالي 1675 ، في نيوغتون غرين ، في ضاحية لندن اكااديمية اعتبرت أفضل المدارس في نظر « المنشقين » الذين منع عليهم قانون الرياضة Bill du test ان يتقدموا الى الامتحانات في اوكسفورد أو في كمبريدج .

وعندما وصل مورتون الى اميركا سنة 1688 ، كان على اطلاع بالأعمال الاخيرة العلمية الانكليزية ، وجلب معه مخطوطة اسمها كومينديوم فيزيكا ، استخلفت طيلة عقود عدة كاساس للتعليم العلمي المقدم في كلية هارفرد (التي أسست سنة 1636) ، ثم في كلية يال (التي أسست سنة 1701) . وفيما بعد فقد التعليم الجامعي الاميركي كثيراً من لونه المدرسي أو الوسيط . وفي سنة 1737 ظهر الاهتمام بالعلم بتأسيس كرسي للعلوم في هارفرد بناءً على هبة : « هو ليس برفسور شيب أوف متمانكس ... » وهو الكرسي الثاني الدائم من حيث الاقليمية في العالم الجديد .

علم الفلك - بعد 1659 عُلمَ علم الفلك الكوبرنيكي في هارفرد ، وهو حدث لا يكاد يثير العجب أكثر من حدث تأسيس كلية في بلد متوحش ، بعد أقل من 20 سنة من مجيء المستعمرين

الاولين . وفي سنة 1672 قدم الحاكم جون ونثروب John Winthrop أول ناظور كوكبي الى هارفرد ، وكان هذا الحاكم يعتقد مخطئاً أنه اكتشف بواسطة هذه الآلة تابعاً خامساً للمشتري . وهذا الناظور استخدم من قبل توماس براتل Thomas Brattle الذي مدحت ارساده المذنب 1680 الكبير من قبل نيوتن في كتابه « المبادئ »

وعدا عن رصد المذنب 1680 تعتبر من الاحداث الرئيسية التي تستحق الذكر في مجال علم الفلك هي البعثات المنظمة لرصد مرور الزهرة والكسوفات . وإنذر فرانكلين مواطنيه بمناسبة مرور عطارد سنة 1753 . ولكن الشخص الوحيد الذي كان مزوداً بآلة قادرة والذي التقى ظروفًا رصدية جوية ملائمة ، في جزر الانتيل ، لم يقم الا بارصاد ناقهة . وفي سنة 1761 رُس البروفسور جون ونثروب من هارفرد ، والذي كان أول مقال علمي له حول مرور عطارد سنة 1740 ، أول بعثة علمية أميركية كانت ترعاها كلية ، وانتقل من كمبردج الى الأرض الجديدة لكي يرصد مرور الزهرة . ونقله مركب المنطقة مع معاونيه من الطلاب ، وكذلك النواظير وساعات الكلية . وعند مرور الزهرة سنة 1769 ، كانت الارصاد الرئيسية من صنع وليم سميث ودافيد ريتنهاوس David Rittenhouse ، من فيلادلفيا .

وكان الحدث الأكثر ضجيجاً من هذا النوع بعثة ترعاها سنة 1780 كلية هارفرد والاكاديمية الاميركية للفنون والعلوم في بوسطن . هاتان المؤسسات ارسلتا البروفسور صموئيل وليم Samuel Williams من هارفرد لرصد كسوفاً كاملاً للشمس في خليج بينوسكوت . وكانت أميركا وإنكلترا يومتلي في حالة حرب ، والكسوف لا يمكن أن يرصد إلا في أرض يمتلها البريطانيون ، وكان لا بد من إيقاف العمليات العسكرية طيلة فترة الرصد . وعندها وضع العلم من جديد خاراج المعركة فقدم فرانكلين جواز مرور للكابيتان كوك Cook عند عودته من رحلة استكشافية في بحار الجنوب اثناء حرب الاستقلال الاميركية .

تنظيم التعليم العلمي - في هارفرد وهي الكلية الاستعمارية الاميركية الوحيدة في القرن 17
(اسست سنة 1636) وضعت منذ 1672 وأيام عمادة الرئيس ليونار هور Leonard Hoar مشاريع لتأسيس بستان نباتي ، ومعمل للميكانيك ومختبر للكيمياء ، يستعمله الفلاسفة الذين يبعون تثقيف فكرهم عن طريق الحوار . ولو ان هذه المشاريع قد ادت الى نتيجة كانت أميركا امتلكت أول مختبر كيميائي للطلاب في العالم كله . وبعد مجيء مورتون Morton دخل العلم الحديث في التعليم . وعند تعينه في سنة 1727 أول صاحب كرسي لمنبر هوليس تلقى مورتون مجموعة ثمينة من الاجهزة العلمية التي تمكن الطلاب من اجراء التجارب والقيام بالارصاد ، وكانت هذه المجموعة تستكمل وتتمم وظلت كذلك طيلة القرن . وفي يال ، التي انشئت بصورة قانونية سنة 1701 برز الميل منذ البداية نحو العلم . فكانوا يشترون ويصنعون المعدات العلمية . وفي سنة 1714 اغتنت المكتبة بالهبات من كتب قدمها مختلف العلماء الانكليز ومنهم نيوتن وهالي . أما كلية وليم وماري William, Mary التي تأسست سنة 1693 فلم تبدأ في التعليم الجامعي إلا سنة 1710 . وكما الحال في برنستون (اسست سنة

1746) وكولمبيا (أسست سنة 1754) ، تضمن برنامج الدراسة في « وليم وماري » العلوم ، وتدل الكتب وكذلك المعدات على أهمية هذا النظام . أما جامعة بنسلفانيا ، التي أسسها فرانكلين (وكان توزيع الشهادات الرسمي الأول قد جرى سنة 1757) فقلعت أيضاً تعليماً علمياً . فضلاً عن ذلك افتتح التعليم الطبي الرسمي في أمريكا الشمالية . نذكر أيضاً أنه في فيلادلفيا تأسس ، بعد ذلك بقليل ، مستشفى بنسلفانيا ، وهو أول مستشفى أمريكي دائم . ونشير أيضاً أنه في الجامعات الأخرى التي أسست وعملت قبل 1775 - جامعة براون اعترفت بها الدولة سنة 1764 ، ودارموث Dartmouth اعترفت بها ككلية سنة 1769 - لم تكن العلوم مهمة أيضاً .

الجمعيات العلمية الأولى - كان الاهتمام بالعلوم قد برز أيضاً من خلال اجتماع الناس بغية ملاحقة أهداف علمية مشتركة . وكانت أول جمعية علمية في أمريكا هي جمعية بوسطن الفلسفية التي أسست سنة 1683 على يد انكريز ماث Increase Mather والد كوتون ماث . ولكن وجودها كان سريع الزوال . وفي سنة 1727 أسس بنيامين فرانكلين « الأخوة » ، وهي جمعية سرية أخوية وخيرية ، من أجل تحسين أوضاع الأعضاء . وفي الاجتماعات كانوا يناقشون المسائل الأخلاقية والسياسية والفيزيائية . وفي سنة 1743 اقترح فرنكلن Franklin تأسيس جمعية ذات مدى أوسع وتأثير أكبر ، مكونة من رجال من مختلف المستوطنات يهتمون بالنشاط العلمي . فكانت الجمعية الفلسفية الأمريكية . وفي سنة 1769 اتخذت هذه الجمعية مع جمعية أخرى انبثقت عن الأخوة « جنتو » واتخذت اسماً رمزياً بقي لها بعد ذلك هو الجمعية الفلسفية الأمريكية القائمة في فيلادلفيا لتنشيط المعارف المقيدة . وكان أول مشروع قامت به الجمعية الجديدة هو رصد مرور الزهرة سنة 1769 . ولم يكن لهذه الجمعية من مزاحم حتى سنة 1780 ، حيث أسست الأكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم في بوسطن ، بتحفيز من جون ادامس John Adams الذي سمع في فرنسا مديحاً كثيراً بجمعية فيلادلفيا ، فأراد في الحال تأسيس واحدة في بوسطن . وكان أول رئيس لها رجل علم هاو ، هو الحاكم جيمس بودوين James Bowdoin . أما نشاطها الرسمي الأول ، فهو مساعدتها في تنظيم البعثة المرسله بمناسبة الكسوف الكامل للشمس سنة 1780 والمذكور أعلاه .

بنيامين فرانكلين Benjamin Franklin - أهمية إنتاجه العلمي - من بين النشاطات العلمية كلها في أمريكا المستعمرة كانت أهمها بالنسبة إلى كل العالم البحوث حول الكهرباء التي قام بها بنيامين فرنكلين ومساعدوه في السنوات التي سبقت 1750 . اشتهر فرانكلين في أغلب الأحيان ، بتجديده هي تجربة الطائرة الورقية المكهربة . وكان فرانكلين أول أمريكي انتخب كعضو أجنبي في الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس (1773) . وهذا الشرف لم يمنح لأي أمريكي آخر طيلة قرن من الزمن ، وذلك قبل أن ينتخب لويس اغاسيز Louis Agassiz نتيجة أعماله المنجزة في أوروبا قبل رحيله إلى أمريكا . وكان لا بد من انتظار حقبة ج . ويلارد جيبس J. Willard Gibbs (1839-1903) حتى تنتج أمريكا من جديد عالماً كان لأعماله في الفيزياء نفس أهمية أعمال فرانكلين ، واعترف له بذلك أيضاً بشكل واسع . لقد نشر كتاب فرانكلين وتجارب وملاحظات حول الكهرباء ، أجريت في فيلادلفيا بأميركا « لأول مرة في

انكلترا سنة 1751 ونشرت ترجمته الفرنسية سنة 1752 . وطبع في حياة المؤلف كمرات بالانكليزية و3 مرات بالفرنسية (ترجمتان مختلفتان) وطبعتان المانيتان وطبعة ايطالية . وطيلة 25 سنة ظل هذا الكتاب الاكثر قراءة حول هذا الموضوع . وكان تأثيره كبيراً حتى أن الذين اعتنقوا نظرية منافسة لنظرية فرانكلين، عبروا بنفس اللغة التي استعملها فرانكلين لأول مرة في الكهرباء: ايجابي اوزائد ، سلبى او ناقص الخ .

وكانت تجارب فرانكلين لكي يبين الصفة الكهربائية في شحنة الصاعقة مشهوداً لها . ففي أول تجربة تصورها استخدم قضيباً عامودياً طويلاً معزولاً وحاد الرأس . وكان الطرف الأسفل من هذا القضيب مغروساً في كوخ صغير ، حيث كان المحرب ، جالساً على كرسي عازل ، ويستطيع أن يوصل بهذا القضيب خيطاً معدنياً متصلاً بالأرض ومسوياً بمسكة عازلة . وكان فرانكلين يعتقد بأنه من الضروري وضع الكوخ فوق نقطة عالية من بناء ، وانتظر من اجل هذا الانتهاء من بناء عمل الجرس في كنيسة المسيح في فيلادلفيا . ولكن في سنة 1752 بين العالم الطبيعي الفرنسي داليبار Dalibard ، مترجم كتاب فرانكلين حول الكهرباء ، أن التجربة كانت تنجح حتى ولو وضع الكوخ على مستوى الأرض . وتمت التجربة في 10 أيار سنة 1752 في « مارلي لافيل » ، أثناء هبوب عاصفة ، وفي غياب داليبار ، على يد جندي قديم ، هو كوافيه Coiffier ، وخوري الضيعة رولي Raulet . وصرح داليبار Dalibard وهو يصف التجربة ونتائجها أمام اكااديمية العلوم في 13 أيار سنة 1752 فقال : « عندما اتبعنا الطريق التي رسمها لنا فرانكلين حصلنا على قناعة كاملة » وجاءت نتائج مقنعة أيضاً تكافئ بعد ذلك بقليل بوفون ودبلور ، ومونيه ونوليه Buffon, Delor, Le Monnier, Nollet في فرنسا ، وميلوس Mylus ولودولف Ludolf في ألمانيا وكانتون Canton وولسون Wilson في انكلترا ، وعلى ما يبدو وقبل أن يسمع بالكلام عن النجاح الفرنسي تصور فرانكلين في حزيران 1752 تجربة أخرى حول كهرة الغيوم وحول الطبيعة الكهربائية لتفريغ شحنة الصاعقة : هي تجربة الطائرة الورقية الشهيرة . وتقوم أهمية هذه التجارب على تبيين أن الظواهر الكهربائية لا تنتج فقط عن اختراع الانسان ولا عن تدخله في الطبيعة ، كما هو الحال في حرك كرة صغيرة من الكبريت بخفة من الحزير . بل إنها تحدث أي الظواهر الكهربائية أيضاً بشكل عفوي في الطبيعة على الأرض وفي الغيوم . وإيضاً وبعد هذه اللحظة يجب أن تدخل الفيزياء إذا كانت كاملة ، الظواهر الكهربائية ضمنها وعلى نفس مستوى الظواهر الميكانيكية والحرارية والبصرية والمغناطيسية أو السمعية . فضلاً عن ذلك وفي عصر الانوار هذا مال تحليل فرانكلين للصاعقة الى استبعاد المعتقد الوسواسي القاتل بأن الصاعقة هي علامة غضب رباني . وأخيراً إن هذه المغامرة في مجال العلم الخالص تؤدي الى تطبيقات مهمة جداً هي الشاري ، وهو مصداق رأي باكون Bacon حول النتائج العملية لكل علم صحيح . وربما سنحت أول فرصة حصل فيها اختراع جديد عملي كنتيجة لبحث علمي مجرد كان هدفه الوحيد ارضاء الفضول العلمي ، والتقدم بالمعرفة .

واعتبر فرانكلين في عصره كواحد من رجال العلم من الدرجة الاولى ، لان نظريته أتاحت فعلاً استباق نتائج العمليات الجارية في المختبر بواسطة الاجهزة الكهربائية . وعندما بدأ تجاربه بين

1740-1750، كان كل المؤلفين تقريباً يشكون من أن الظواهر الكهربائية حكمت بالهوى والنزوة لا بقوانين العلم . واعتبر بوفون أن موضوع الكهرباء «... هو أبعد من أن يكون ناضجاً بما فيه الكفاية من أجل وضع نظام من القوانين له أو في الواقع وضع قانون أكيد بشأنه ثابت ومحدد في كل الظروف» .

ولكن بعد أعمال فرانكلين وصف ج . باريو - دويورغ الوضع بهذه الكلمات « عندما ميز فرانكلين الكهرباء بأنها مرة إيجابية ومرة سلبية ، وعندما أعطى لكل منها مكانتها الصحيحة وسمتها الخاصة ، وذلك بمقدار ما تسمح به الحالة الحاضرة للمعارف الفيزيائية ، إنه بعمله هذا أشاع الضوء من قريب ومن بعيد ، ودل على الطريق التي يجب التزامها من أجل الحصول على اكتشافات جديدة ، وتقريبها من القديّة ثم توسيع حدود العلم ، وإيجاد منفعة محسوسة غير الكفاية والرضى العلميين . إنه يقول : افعل كذا وهذا ما يحصل : غير هذه الظروف وهذا ما ينتج عنه : وهكذا تستفيد من هذا الشيء : وفي هذا تتفادى هذا الازعاج . وتتبع المستندات يؤدي الى الوصول الى الشيء الذي أعلنه وبالشكل وبالترتيب المعلن . كل شيء يتجاوب مع نظريته في أوروبا وفي أميركا . وحتى الظواهر السماوية ، كل شيء يدل على صلابة المبادئ التي جعلها توضحه كفرضيات بسيطة فقط » .

تتركز نظرية فرانكلين على بديئية مادة أو سائل كهربائي وحيد ، تتضمن كل الأجسام كمية «عادية» منه .

والتكهرب يحدث كل مرة تتلقى فيها هذه الكمية « العادية » زيادة أو نقصاً يحدث شحنة أكبر أو أقل .

ولكن المفاعيل الكهربائية تظهر أيضاً كل مرة يتغير فيها توزيع هذه المادة الكهربائية في جسم موصل . ويرأي فرانكلين تتألف المادة أو السائل الكهربائي من جزيئات تتدافع فيما بينها وتجذب المادة القابلة للموزن كما تتجذب بجزيئاتها . هذه القواعد مكنته من تفسير دور الوضع على الأرض ودور العزل في التجارب الكهربائية الثابتة وكذلك من تفسير المفاعيل الناتجة عن شكل الموصلات ، وعمل قنينة ليد Leyde (وهي أول مجمّع للكهرباء) ، وبجمله من الظواهر الأخرى ، وبعضها اكتشفه فرانكلين حديثاً ، وبعضها الآخر سبق وكان مكتشفاً ، إلا أنه مفهوم بصورة غير كاملة .

وإن نحن نظننا الى عمل فرانكلين من الناحية المفضلة في عصرنا ، نتأثر بتنوع الظواهر التيلقى الضوء عليها ، ويفعل اننا نستخدم في أغلب الاحيان ، وما نزال نظريته ، بعد تعديلها قليلاً .

وكما كتب مكتشف الالكترون ج . ج . تومسون J.J. Thomson ان نظرية فرانكلين «تستخدم دائماً من قبل عدد كبير منا في أعمال المختبر . وإن نحن نقلنا قطعة من نحاس وإردنا أن نعرف اذا كان هذا النقل يزيد أو ينقص في المفعول الذي نرصده ، فليس علينا أن نتسرع نحو الرياضيات العليا ، ولكننا نستخدم فكرة السائل الكهربائي البسيطة التي تقول لنا في بضعة ثوانٍ كل ما نريد معرفته » .

ومن جراء تأكيد نظرية فراكلين بأن كل الكهرباء تنبثق عن تحول أو نقل المادة الكهربائية : إن ما يفقده مطلق جسم يكسبه جسم آخر ، وتتضمن النظرية فكرة « الإحفاظ بالشحنة » . وفي كل الظواهر الملحوظة ، تبدو الشحنات أو تختفي دائماً بكميات متساوية أو متعارضة . وهذا صحيح أيضاً فيما يخص الأشياء المجسمة التي تحك بعضها ببعض كما هو صحيح عند مستوى الذرة أو ما هو فوقها وذلك عند أحداث أو الغاء المزدوجات ، وعند ظهور أو اختفاء كل جسيم مكهرب مقترن بظهور أو باختفاء الالكتران بشكل متتال . ثم إن مبدأ « حفظ الشحنة » الذي قال به فراكلين هو مثل « مبدأ حفظ كميات الحركة » الذي قال به وليس ونيوتن ، أحد أكبر المبادئ في الحفظ . والمبدأ موجودان كوصفين مستقلين للطبيعة ، سواء في الماكروفيزيا أو الميكروفيزيا .

ومن المؤكد إذاً أننا ندين لفراكلين بأول مساهمة كبرى علمية أصيلة جاءت من العالم الجديد . وأول اعتراف علمي رسمي بالهوية الأميركية الجديدة قد تم سنة 1788 ، عندما انتخب جيمس بودوان James Bowdoin ، أول رئيس للأكاديمية الأميركية للفنون والعلوم ، على لائحة الاعضاء الأجانب في الجمعية الملكية .

في ضوء الانجازات التي تحققت في القرن 18 والاهتمام البارز عموماً بالعلوم كان من الممكن التوقع بأن المئة سنة التالية سوف تشاهد نشاطاً علمياً كبيراً في أميركا . ولكن الامة التي كان عليها أن تقطع حدودها من المسافات البرية الموحشة في الغرب ، لم تكن تستطيع :ظاهراً وبذات الوقت إنتاج اكتشافات علمية من الدرجة الاولى أو إنتاج علماء يؤثر انجازهم في العالم كله .

ولأنه في حدود نصف القرن هذا الأخير اخذت الافكار العلمية الآتية من أميركا ، مرة اخرى ايضاً تستدعي الانتباه في المجموعة العلمية من العالم كله .

مراجع الفصل الثالث

J. COMAS, Principales contribuciones indígenas precolombinas a la cultura universal (*Cahiers d'histoire mondiale*, t. 3, 1956); J. REY PASTOR, *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, 2^o éd., Buenos Aires, 1945; C. PEREYRE, *L'œuvre de l'Espagne en Amérique*, Paris, 1925; P. HENRIQUEZ UBERA, *Historia de la cultura en la América hispánica*, México, 1947; L. C. KARPINSKI, *Mathematics in Latin America (Scripta mathematica)*, v. 13, 1947; A. MIELI, *La ciencia del Renacimiento*, v. 5, Buenos Aires, 1952; J. J. IZQUIERDO, *La fisiología en México*, México, 1934; Id., *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico de México*, México, 1954; Id., *La botanique aztèque et la botanique mexicaine modernes (Arch. int. Hist. des Sci., t. 8, 1955)*; F. VERDOORN, éd., *Plants and plant science in Latin America*, Waltham (U.S.A.), 1945; J. BELL JR, *Medicine in sixteenth century New Spain (Bull. of the hist. of medicine)*, v. 31, 1957; E. BONNEFOUS et divers, *Encyclopédie de l'Amérique latine*, Paris, 1954; M. PICÓN SALAS, *De la conquista a la independencia*, México, 1944; R. LEVENE, éd., *Historia de América*, vol. 3, Buenos Aires, 1940; J. VICENS VIVES, éd., *Historia de España y América*, vol. 3 et 4, Barcelona, 1961; E. DE GORTARI, *La ciencia en la historia de México*, México, 1963; J. BABINI, *La evolución del pensamiento científico en la Argentina*, Buenos Aires, 1954; *Memorias del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia*, 2 vol., México, 1964; J. T. LANNING, *Academic culture in the Hispanic colonies*, New York, 1940; J. M. GUTIÉRREZ, *Origen y desarrollo de la enseñanza pública superior en Buenos Aires*, 1^{re} éd., Buenos Aires, 1868; J. T. MEDINA, *Historia de la imprenta en los antiguos dominios españoles de América y Oceanía*, 2 vol., Santiago de Chile, 1958; J. T. REVELLO, *El libro, la imprenta y el periodismo en América durante la dominación española*, Buenos Aires, 1940; L. C. KARPINSKY, *Bibliography of mathematical works printed in America through 1850*, Ann Arbor, London, 1940; M. BARGALLÓ, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, 1955; A. A. MOLL, *Aesculapius in Latin America*, Philadelphia, London, 1944; F. GUERRA, *Historiografía de la medicina colonial hispanoamericana*, México, 1953; J. B. LASTRES, *Historia de la medicina peruana*, 3 vol., Lima, 1951; E. LAVAL M., *Noticias sobre los médicos en Chile en los siglos XVI, XVII, XVIII*, Santiago de Chile, 1958; R. ARCHILA, *Historia de la medicina en Venezuela. Época colonial*, Caracas, 1961; A. R. STEELE, *Flowers for the King. Ruiz and Pácon and the Flora of Peru*, Durban, 1964; F. GUERRA, *Nicolás Bautista Monardes. Su vida y su obra (1493-1588)*, México, 1961.

F. DE AZEVEDO, *A cultura brasileira*, Rio de Janeiro, 1943.

J. DELANGLEZ, *Louis Jolliet. Vie et voyages, 1645-1700*, Montréal, 1950; M. FILION, *Maurepas, Minister of the Navy: A New Portrait (The Cornell Library Journal, Spring 1967, 34-47)*; Id., *Maurepas, ministre de Louis XV, 1715-1749*, Montréal, 1967; R. LAMONTAGNE, *La Colonisation et le Canada*, Paris, 1962; Id., *Succès d'intendances de Talon*, Montréal, 1964 (Paris, C.D.J.), sous le titre: *Jean Talon, agent de Colbert, premier intendant du Canada au temps de Louis XIV*; Id., *Chabert de Cogolin et l'expédition de Louisbourg*, Montréal, 1964; Id., *La vie et l'œuvre de Pierre Bouguer*, Paris, 1964; Id., *L'Atlantique jusqu'au temps de Maurepas*, Montréal, 1965; Id., *Aperçu structural du Canada au XVIII^e siècle*, Montréal, 1964; Id., *L'administration du Canada*, Montréal, 1965; Id., *Ministère de la Marine — Amérique et Canada d'après les documents Maurepas*, Montréal, 1966; Id., *Jean Prat, correspondant de Bernard de Jussieu (Rapport des Archives du Québec, t. 41, 1963)*; M. DE LA RONCIÈRE, *L'amitié franco-canadienne de Jacques Cartier à Chateaubriand*, Paris, 1967; G. MAHNU, *Bibliographie de Pierre Bouguer, 1698-1758*

(*Revue d'histoire des sciences*, t. XIX, 1966, pp. 193-205); MARIE-VICTORIN (Fr.), *Flora laurentienne*, Montréal, 1935; J. ROUSSEAU, Le mémoire de La Galissonnière (sic) aux naturalistes canadiens de 1749 (*Le Naturaliste canadien*, vol. 93, 1966, pp. 669-681); J. C. RULE, Jean-Frédéric Phélypeaux, comte de Pontchartrain et Maurepas: Reflections on His Life and His Papers (*Louisiana History*, vol. 6, n° 4, 1965, pp. 365-377); C. F. C. STANLEY, éd., *Pioneers of Canadian Science/Les pionniers de la science canadienne*, Toronto, 1966. Chap. I: LÉON LORTIE, « La trame scientifique de l'histoire du Canada »; D. J. STRUIK, Matin, uticians at Ticonderoga *The Scientific Monthly*, vol. 82, 1956, pp. 236-240); Id., *American Science between 1780 and 1830* (*Science*, vol. 129 (1959), pp. 1100-1106; *ibid.*, vol. 130 (1959), p. 190); Id., *Les sciences en Nouvelle-France (Le jeune scientifique)*, vol. 5, 1967, pp. 142-144); R. TATON, éd., *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, « Histoire de la pensée », XI, Paris, 1964; J. THÉODORIDES, Les relations scientifiques entre Michel Sarrazin (1659-1734) et Réaumur (LXXXIV^e Congrès des Sociétés Savantes, 1959); A. VALLÉE, *Un biologiste canadien, Michel Sarrazin, 1659-1735 (sic). Sa vie, ses travaux, son temps*, Québec, 1927; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

Stefan LORANT, éd., *The New World: the first pictures of America made by John White and Jacques Le Moyne... with contemporary narratives of... the Virginia colony*, New York, 1946; Henry STEVENS, *Thomas Harriot, the mathematician, the philosopher, and the scholar...*, Londres, 1900; Conway ZIRKLE, *The beginnings of plant hybridization*, Philadelphie, 1935; Otto T. BEALL, Jr., et Richard H. SHRYOCK, *Cotton Mather, first significant figure in american medicine*, Baltimore, 1954; Brooke HINDLE, *The pursuit of science in Revolutionary America, 1735-1780*, Chapel Hill, 1956; Whitfield J. BELL, Jr., *Early american science*, Williamsburg, 1955; I. Bernard COHEN, *Some early tools of american science*, Cambridge, 1950; Id., *Franklin and Newton*, Philadelphie, 1956; Raymond J. STEARNS, *Colonial Fellows of the Royal Society (Osiris, 1948, 8, 73-121)*; Theodore HORNBERGER, *Scientific thought in the american colleges, 1638-1800*, Austin, 1945; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

فهرست

ا. ا.

- ابراهام بلومار 185
 ابراهام دي موافر 469 / 475 / 490
 ابراهام ترميلي 638 / 639 / 700 / 701
 ابراهام غوطلب ورنر 729
 ابستولا بريشوني 353
 ابسال 694 / 707 / 717 / 720 / 779
 ابقر اط 412 / 415 / 680 / 681 / 682 / 684
 ابن سينتا 13 / 124 / 126 / 161 / 164 / 172 / 180
 ابن رشد 13 / 94 / 363
 ابن الهيثم 36 / 333
 ابن النفيس 160
 ابن القس 706
 ابو الوفا 35
 ابو القاسم 164 / 180
 ابولونيوس 37 / 39 / 52 / 53 / 89 / 213 / 234 / 238 / 239 / 242 / 253 / 254
 ايستمون 171
 اينوس 367 / 580 / 581 / 582 / 583 / 584
 آيفور 220 / 277 / 332 / 333 / 643
 آييل 473 / 482 / 483 / 488
- الأتلتيد 445
 اتولر 373 / 376 / 594
 اتون الأوكسفوردي 183
 اتيان دي لاروش 31 / 54 / 151 / 164
 اتيان دي لازيفير 152
 اتيان جيوفرواسان هيلر 696 / 697 / 702 / 703
 آجيا شوكرين 758 / 759 / 762
 أحمد بن يوسف 31
 ادانسون 628 / 696 / 697 / 705 / 706 / 709 / 710 / 711 / 718 / 732
 ادت 615
 اديان كوليرت 184
 اديان فان رومن 232 / 233
 اديان انطونيز 233
 اديان ماتيويس 233
 اديان اوزو 320 / 321
 اديان دي جوسيو 709 / 710 / 719 / 786 / 792
 آدم ريز 42
 آدم لونيوس 192
 ادمون غاتر 244
 ادمون هالي 323 / 491
 ادمي ماريوت 425

آدم سميت 462	آرستري 208 / 317
اذنبره 469 / 665 / 690 / 731 / 793	آرسنال 606
اد . وطن 392	آرسيسترات 655
ادوار تيزون 395	أرفوت 38
ادوار لويد 444	أرفيلس 619
ادوار جنير 686	أرلنجن 685
اراسم [ابرسم] 12 / 22 / 28 / 78 / 95	أرمينيا 435
اراسم اوزولد شريكن فوش 78	أرنولد ديفلناف 138
اراس 190	أرنست فردريك كلافي 551
اراتوستين 250	ارهارد اتدولت 21
اراسموس بارتولين 446	ارهارد ريوش 185
اراسموس داروين 631 / 632 / 634	أرويه 463
أرجنتراليس 180	اريتاك جي ساموس 53 / 67 / 68 / 79
ارجانفيل 738	أزير 435
ارخيلس 18 / 31 / 35 / 37 / 41 / 52 / 53	اسبانيا 14 / 83 / 128 / 140 / 154 / 165
110 / 108 / 107 / 105 / 93 / 55	169 / 176 / 179 / 192 / 318 / 421
112 / 212 / 214 / 233 / 234 / 245	432 / 471 / 686 / 688 / 691 / 712
249 / 253 / 289 / 755 / 790	713 / 738 / 771 / 772 / 775 / 777
ارخيلس السيراكوزي 249	778 / 779 / 780 / 782
الأرخيل الهندى 417	اسبانيا الأمريكية الجنوبية 721
أرسطو 13 / 14 / 16 / 17 / 18 / 31 / 38	اسبانيا الجنوبية 781 / 782
53 / 56 / 61 / 65 / 66 / 68 / 71	استراليا 697 / 699 / 723
75 / 76 / 77 / 81 / 85 / 93 / 94	إسحاق 163
96 / 98 / 99 / 104 / 106 / 108	إسحاق بيكن 208 / 278 / 285
118 / 119 / 120 / 121 / 122 / 124	إسحاق نيوتن 8 / 85 / 203 / 205 / 207
125 / 127 / 173 / 178 / 181 / 182	208 / 209 / 215 / 216 / 218 / 219
183 / 187 / 206 / 210 / 214 / 216	222 / 223 / 225 / 226 / 238 / 240
220 / 273 / 289 / 312 / 313 / 316	243 / 245 / 249 / 254 / 255 / 256
332 / 335 / 348 / 349 / 363 / 380	257 / 258 / 259 / 260 / 262 / 269
387 / 388 / 389 / 391 / 394 / 399	270 / 272 / 277 / 278 / 281 / 291
423 / 425 / 439 / 440 / 442 / 460	296 / 297 / 298 / 299 / 300 / 301
551 / 555 / 649 / 655 / 663	302 / 303 / 304 / 306 / 307 / 322
رسوز 80 / 89	323 / 324 / 325 / 326 / 331 / 334

اشمولين ميزيوم 448	/ 341 / 340 / 339 / 338 / 337 / 336
آصور 772	/ 347 / 346 / 345 / 344 / 343 / 342
أغريكولا 126 / 125 / 123 / 120 / 119	/ 408 / 367 / 352 / 351 / 350 / 349
185 / 139 / 135 / 133 / 128 / 127	/ 469 / 459 / 455 / 441 / 413 / 409
أفريقيا 197 / 688 / 530 / 457 / 703	/ 476 / 475 / 474 / 473 / 472 / 471
792 / 772 / 724 / 722	/ 486 / 484 / 482 / 481 / 479 / 478
أفريقيا الجنوبية 417 / 699 / 723	/ 503 / 499 / 497 / 496 / 495 / 488
أفريقيا الشمالية 435 / 697	/ 518 / 517 / 513 / 508 / 506 / 504
أفريقيا الوسطى 699	/ 527 / 526 / 525 / 523 / 522 / 519
أفلاطون 16 / 31 / 85 / 108 / 181	/ 536 / 534 / 533 / 532 / 531 / 528
553 / 545 / 347 / 333 / 332	/ 546 / 545 / 544 / 542 / 541 / 539
أفلاطون الفيثاغوري 213	/ 559 / 552 / 551 / 550 / 548 / 547
أفلاطون الأسطوري 213	/ 583 / 581 / 576 / 569 / 563 / 562
أفيانوس 197	/ 658 / 657 / 612 / 611 / 585 / 584
أقليدس 18 / 21 / 27 / 31 / 34 / 37 / 44	/ 793 / 790 / 734 / 721 / 705 / 671
234 / 107 / 56 / 55 / 54 / 53 / 52	798 / 794
169 / 497 / 493 / 333 / 329 / 249	إسحاق بارو 254 / 259 / 264 / 298 / 348
790	493 / 473 / 349
أكاديا 774	إسحاق فوس 330 / 334 / 335
أكسيد نتيس 41	إسطرلاب 59
أكس لاغابيل 124	إسكوريال 179
أكس آن برفانس 210	إسكندر الأفروديسي 363
ألفونتنوس 72	إسكندرية 447
أكهارت 14	إسكتلندا 615 / 724
أكهوت 784	إسكندر غاردن 792
أكون 197	إسماعيل بوليو 317
البحر الكبير 16 / 121 / 124 / 127 / 138	آسيا الصغرى 196 / 435 / 697
406 / 186 / 181 / 173	آسيا 458 / 688 / 703
البيروتي ساكس 31 / 35	آسيا الوسطى 459 / 696 / 699 / 752
البيروودزو 38 / 69	آسيا الجنوبية 464
البحر دودر 38 / 39 / 44 / 58 / 124 / 152	آسيا الروسية 464
188 / 185 / 184	آسيا الشمالية 699
البرقي 41	أشيبيلة 179 / 197 / 772 / 781

آل مونغوراني 178	السبر جيار 58 / 61 / 110 / 233 / 234 /
آل ميشو 720	482 / 238 / 236
الميدا 750	البير غبركليت 128
آل هانوفر 445	البير فون هالر 636 / 674 / 678 / 712 / 713
آل هيسبورغ 773	الباني 738
اليزابيت 209	آل تسنغ 750
اماتويل يونفيس دي تاراسكون 58	الدوفيني 713
اماتوس لوزيتانوس 170 / 176	آل ريكاتي 470
امبواز 15	الزفيه 61
امبروازباري 163 / 166 / 168 / 174 / 761	الزفير 208
امبروسي 438 / 448	السترو الستري 121 / 783
امبر 577	الساندرو بنيتي 149
امبراطورية فيجاياناغار 765	آل شيلي 721
الامبراطورية المغولية 768	آل صونغ 759
الامبراطورية الكبرى 771	آل طوكوغوا 759 / 762
امبراطورية الازتيك 771	الكسندر بيكولوميني 105
امبراطورية الأنكا 771	الكسندر آشيليني 150
امبراطورية مايا 771	الكسندر ستوارت 661 / 666
امبراطورية الهند الغربية 777	الكسندر فون همبولد 669 / 731 / 783 / 785
امريكو فسبوشي 537	آل كاميني 767
امزونيا 785	المانيا 12 / 27 / 37 / 42 / 43 / 45 / 52 /
امستردام 290 / 355 / 438 / 440 / 442 /	53 / 69 / 78 / 79 / 84 / 91 / 118 /
784 / 776	128 / 133 / 139 / 148 / 184 / 189 /
اموتون 289 / 437 / 510 / 559 / 562	194 / 195 / 381 / 411 / 416 / 418 /
اميان 191 / 321	419 / 420 / 422 / 433 / 457 / 470 /
أميركا 169 / 195 / 197 / 434 / 435 / 436 /	476 / 493 / 540 / 544 / 546 / 598 /
458 / 464 / 687 / 688 / 697 / 703 /	609 / 615 / 618 / 675 / 676 / 678 /
720 / 721 / 723 / 747 / 771 / 772 /	681 / 683 / 686 / 687 / 689 / 690 /
773 / 774 / 775 / 776 / 777 / 780 /	693 / 695 / 696 / 702 / 708 / 712 /
781 / 785 / 786 / 787 / 788 / 789 /	713 / 714 / 718 / 719 / 727 / 729 /
790 / 791 / 792 / 793 / 794 / 795 /	776 / 796
797 / 798	المانيا الكاثوليكية 84
أميركا الجنوبية 196 / 417 / 694 / 697 / 699 /	المانيا الجنوبية 139

انلونيسيا 169 / 768	700 / 721 / 771 / 775 / 782 / 786
انلريا ميزالينو 190	أميركا الهندية 457
أنبلس 191	أميركا الأوروبية 457
اندرية تيفت 179 / 181 / 184 / 185 / 196 / 783	أميركا الشمالية البريطانية 578 / 788
اندرسون 236	أميركا الوسطى 694 / 771 / 775
اندروينغ 495	أميركا الشمالية 697 / 699 / 720 / 771 / 774 / 775 / 776 / 788 / 789 / 791 / 792 / 795
اندرمي ميشو 720	795
اندر زديل ريو 778	أميركا الألبانية 771 / 777 / 778 / 780 / 781 / 782 / 783
انجيلوس 124 / 125 / 126 / 128	أميركا الإستوائية 774
انسلم بويش دي بوندت 28 / 31 / 41 / 54 / 447 / 446 / 440 / 42	أميركا الفرنسية 786 / 788
آنشتين 311 / 533	أميركا البريطانية 790 / 792
انطون ماريا فيور 47	آنابرغ 42
انطوني فان ليونوك 206 / 208 / 221 / 222 / 328 / 329 / 397 / 398 / 401 / 408 / 410 / 427 / 446 / 445 / 469 / 700 / 701 / 741 / 790	اناليا 53
انطوان ارنولد 304 / 493	اناك ساكور 332
انطونيو دوميني 334	انتونيو فيلما 593
انطوانيت بورنيون 398	انتيلوب 697
انطوان لوران دي جوميو 124 / 190 / 433 / 625 / 705 / 708 / 709 / 710 / 711 / 712 / 722 / 732 / 737	انتج دي فوسوميرين 95
انطوان لوران لاغوازيه 138 / 144 / 379 / 380 / 383 / 460 / 461 / 471 / 539 / 560 / 562 / 564 / 565 / 566 / 591 / 592 / 593 / 594 / 595 / 599 / 600 / 601 / 602 / 603 / 604 / 605 / 606 / 607 / 608 / 609 / 614 / 615 / 616 / 618 / 645 / 646 / 647 / 648 / 649 / 650 / 652 / 653 / 661 / 662 / 671 / 717 / 786 / 780	انجيليكا 188
	آنجو 341
	آنج سالا 411
	انجنيرس 566
	اندريا فروكشيرو 35
	اندريا اوسيندر 71 / 72
	اندرنيكوس 83
	اندريا باكشي 124
	اندرية فيزال 12 / 15 / 147 / 148 / 151 / 152 / 153 / 154 / 155 / 156 / 157 / 158 / 159 / 186 / 400 / 402
	اندرية لاغونا 152 / 165
	اندرية دي لورنس 158
	آن دي بريانيا 168

انطوان ديديه 674 / 685	اتي راسيوني 82
انطوان لويس 689 / 690 / 691	اتيس فور 165
انطونيو لازارو مورو 726	اتيس اوبر 424
انطونيو فازكيز دي اسبينوزا 777	اويس نوفم دي بروبوريوني باس 104
انطونيو اولوا 782	اويون 124
انطوان لويس روبا 786	اوبورينوس 164
انطوان لويس بوشنييل 697 / 723 / 782	اوينيكنس 303
788 / 784	اويريه 432 / 433 / 435
انفولستاد 38 / 189 / 316	اوترد 43 / 238 / 255
آفراسيا 168	اوتوليكنوس 52 / 55
آفجارا 194	اوتوبرانفلز 164 / 188 / 189
آفولا 395	اوتوبيدي غيريك 225 / 288 / 369 / 375
انفريس 164 / 165 / 184 / 293	اوتوبيدي 551 / 569 / 570 / 571 / 572 / 595
آن فالوا 178	اوتورخت 290
انكلترا 43 / 45 / 56 / 79 / 84 / 139 / 149	اوتو فابريسيوس 697
166 / 169 / 178 / 188 / 209 / 307	اوتورن 723
321 / 324 / 337 / 408 / 413 / 415	اوجاني 767
419 / 421 / 422 / 432 / 436 / 440	اودر 713
444 / 448 / 456 / 457 / 459 / 472	أوروبا 7 / 12 / 15 / 18 / 24 / 47
491 / 493 / 495 / 503 / 517 / 524	84 / 87 / 124 / 139 / 150 / 169
537 / 540 / 542 / 558 / 570 / 574	171 / 176 / 178 / 191 / 277 / 282
576 / 594 / 609 / 618 / 675 / 678	416 / 422 / 430 / 433 / 455 / 456
681 / 683 / 685 / 686 / 687 / 688	457 / 458 / 459 / 461 / 462 / 464
689 / 692 / 693 / 702 / 708 / 712	465 / 470 / 517 / 540 / 575 / 593
713 / 718 / 719 / 720 / 724 / 725	686 / 689 / 694 / 699 / 702 / 719
727 / 728 / 731 / 732 / 733 / 776	725 / 730 / 747 / 750 / 752 / 754
789 / 790 / 791 / 792 / 793 / 794	760 / 762 / 771 / 772 / 777 / 778
796	779 / 780 / 782 / 785 / 786 / 789
انكلترا الجديدة 776 / 793	792 / 795 / 797
انكيز مائر 795	أوروبا الغربية 7 / 130 / 138 / 139 / 411
اميدر 126	739 / 747
امبري 753 / 757	أوروبا الكاثوليكية 53
انورس 638	أوروبا الشرقية 138 / 694

اوكلوت 435	أوروبا الوسطى 211 / 471 / 702
اوکي بونزو 761 / 762	اورفورت 42
اولفيه دي سير 121 / 128 / 180 / 195 / 436	اورونس فينه 54 / 55 / 66
اوليس السروفاندي 126 / 128 / 179 / 180 /	اوراس 70
181 / 182 / 183 / 185 / 192 / 211 /	اوراستيوس 78 / 80
227 / 387 / 388 / 389 / 390 / 391 /	اوراينبورغ 90 / 91 / 322
392 / 393 / 394 / 447 / 448	اوريباز 166
اولريخ فون كالب 128	اورليان 174 / 176 / 712 / 787 / 788
اوليس ماغنوس 178 ^	اوربان الخامس 175
اولمنبرغ 209	اورستيد 609
اولس 241 / 350 / 352 / 469 / 470 / 473 /	اوران اوتان 625
476 / 477 / 478 / 479 / 480 / 481 /	اوروديل 638
482 / 485 / 486 / 487 / 488 / 489 /	اورال 729
490 / 496 / 498 / 499 / 500 / 505 /	اورسيس 754
507 / 509 / 510 / 511 / 513 / 514 /	أوزو 322
518 / 526 / 527 / 528 / 538 / 541 /	أوزاكا 761
542 / 546 / 547 / 550 / 551 / 553	اوستانسور سمبليوم 194
اولم 312	اوسنارك 598
اولوس رومر 322 / 337 / 520 / 521 / 523	اوسبك 708
اولوف روديك 433	اوغسطين 14
اولير 526	اوغسبورغ 26 / 88 / 128
اولاها 696	اوغست الثاني 688
اوميري 31	اوغستين فارغان 780
اونيجن 738	اوفن 25
ايبارك 74	اوفرار 150
ايتوسيوس 35 / 37 / 39 / 41 / 53	اوفيدو 179
ايتونب 712	اوفرينا 713
ايدا آمي 758	اوقيانيا 697
ايران 140 / 435	اوکهام 13
ايريس ملورتيشا 427	اوکسفورد 95 / 106 / 209 / 323 / 380 /
ايراسموس ورن 439	422 / 429 / 438 / 448 / 469 / 722 /
ايرلندا 444	793
	اوکرسيتانوس 173

ايرفين 564	آ . بكيوني 674
ايزايل 171	آ . بروسوني 702
ايسلندا 446 / 697 / 713 / 724	آ . س . تيسيوس 673
ايطاليا 12 / 13 / 21 / 23 / 25 / 27 / 31	آ . توين 718
33 / 37 / 43 / 45 / 46 / 51 / 52	آ . ديپارسيو 492
53 / 58 / 69 / 70 / 78 / 79 / 83	آ . دويون 653
104 / 127 / 133 / 140 / 148 / 150	آ . دي هان 685
158 / 166 / 168 / 169 / 174 / 176	آ . ب . دي كوندول 711
184 / 185 / 188 / 189 / 194 / 208	آ . ج . ديزاليه 738
211 / 276 / 313 / 318 / 408 / 411	آ . دي كنسول 783
412 / 415 / 416 / 418 / 419 / 421	آ . ريشيران 683
422 / 432 / 433 / 437 / 438 / 445	آ . ج . وختير 691
447 / 464 / 470 / 471 / 517 / 545	آ . زالوزانسكي 193
592 / 668 / 678 / 685 / 690 / 691	آ . سلسيوس 559
712 / 713 / 719 / 726 / 727 / 728	آ . سكاريا 674 / 691
733 / 734 / 773 / 781	آ . سبارمان 697 / 722
ايطاليا الشمالية 699	آ . غوان 712 / 719
ايف ايفرو 435	آ . فان درسيفل 194 / 410 / 437 / 438
ايكهون 700	آ . م . فالسالفا 410 / 674
ايلي ميزارشي 58	آ . فرين 673
ايماموراشيشو 758	آ . فيريز 682
ايمي بونيلان 783	آ . ج . فيتيل 691
اينياس دي لوابولا 12	آ . فون ستورك 693
آ . بيجورنيو 39	آ . فون رون 712
آ . بينيفيني 157	آ . فاليزنباري 716
آ . باري 168	آ . فاهل 721
آ . م . براز افولا 171	آ . كويري 721 / 274 / 302 / 324 / 355
آ . بتيكيرن 413	363
آ . ياشيان 430	آ . كلميرايوس 426
آ . يرونيه 437	آ . كلير 436
آ . بلغور 438	آ . ك . كليو 498
آ . بوس 494	آ . كيشر 556
آ . باران 498	آ . كيت 559

باريس 12 / 30 / 34 / 38 / 54 / 55 / 56 /
 95 / 105 / 106 / 124 / 149 / 151 /
 152 / 154 / 158 / 159 / 164 / 165 /
 166 / 172 / 175 / 184 / 187 / 188 /
 192 / 195 / 210 / 212 / 236 / 253 /
 254 / 256 / 257 / 262 / 265 / 276 /
 287 / 302 / 307 / 317 / 319 / 320 /
 321 / 322 / 323 / 395 / 405 / 411 /
 418 / 419 / 420 / 421 / 422 / 424 /
 431 / 432 / 433 / 437 / 438 / 440 /
 442 / 469 / 470 / 471 / 472 / 473 /
 476 / 477 / 480 / 487 / 490 / 492 /
 493 / 495 / 498 / 508 / 517 / 518 /
 519 / 527 / 529 / 530 / 533 / 534 /
 535 / 537 / 540 / 552 / 570 / 605 /
 635 / 641 / 653 / 655 / 680 / 683 /
 687 / 688 / 689 / 690 / 691 / 692 /
 394 / 696 / 708 / 712 / 720 / 721 /
 733 / 736 / 751 / 753 / 775 / 782 /
 783 / 785 / 787 / 792 / 793 / 795 /
 باري 123 / 158 / 181 / 182 / 421 /
 باريج 124 /
 بارتولوميو استاني 158 / 404 /
 باراغوي 197 /
 بارابول 240 /
 بارديز 338 / 340 / 341 / 349 / 351 / 406 /
 باريليه 432 /
 باره دي سان فينان 512 /
 بارون 594 /
 باريتان 751 / 756 /
 بازان 717 /
 بياسكال 43 / 87 / 113 / 206 / 210 / 215 /
 216 / 233 / 242 / 245 / 250 / 251 /

١. خاراجو 159 /
 آ. م. ليجندر 481 /
 آ. ليفري 692 /
 آ. ليسي 722 /
 آ. مونرو الابن 674 / 691 / 702 /
 آ. مونرو الاب 674 / 702 /
 آ. نيكولا 184 /
 آ. هونن 414 /
 آ. هينستريت 722 /
 آ. ج. هودوريكور 757 /
 آ. وورنغ 484 /

- ب -

بابوس 35 / 37 / 53 / 65 / 234 / 238 /
 239 / 246 / 250 /
 بابل 180 /
 بابريي 211 /
 بابلي 767 /
 باتريزي 80 /
 باتاغونيا 179 /
 باتيستا اوديرنا 396 /
 باتافيه 435 /
 بادو 12 / 13 / 31 / 47 / 67 / 69 / 82 /
 94 / 149 / 150 / 154 / 157 / 158 /
 168 / 194 / 196 / 208 / 312 / 313 /
 315 / 400 / 425 / 438 / 668 / 694 /
 720 /
 باراسلس 8 / 12 / 15 / 16 / 17 / 18 / 78 /
 123 / 127 / 134 / 140 / 141 / 142 /
 143 / 144 / 160 / 161 / 165 / 166 /
 172 / 173 / 371 / 373 / 376 / 377 /
 379 / 380 / 411 / 593 /

بيلوتىكا يونيفرساليس 17	252 / 254 / 257 / 258 / 263 / 264
البثاني 26	276 / 285 / 286 / 287 / 288 / 289
بنافيا 723	290 / 291 / 489 / 495 / 496 / 556
بتيفر 721 / 436	569
البحر الاسود 435 / 458	باسبيل فالنتين 134 / 135 / 136 / 144
بحر الجزر 458	باسيولي 245
بلرو نونز 54 / 57	باستور 460 / 646
بلر سورنس 172	باس 541
بلرو فرنا فيلاسكو 779	باس ينغ تسي 753 / 757
برادواردين 21 / 22 / 28 / 31	باشت دي فيزيروك 240 / 245
براغ 89 / 91 / 210 / 244 / 249 / 294	باشلار 649 -
309 / 335 / 446 / 667 / 783	باغفوردي 737
برازافولا 194	بالسي 47 / 124 / 404 / 422 / 496 / 685
البرازيل 197 / 417 / 435 / 722 / 723	684
724 / 772 / 773 / 783 / 784 / 785	بانفير 713
برانديبورغ 318 / 645	باكر 639
برانت 592 / 593 / 594	بانكس 724
البرازيل البرتغالية 771 / 772 / 783	يسال 21 / 71 / 78 / 87 / 140 / 147 / 155
بربارا وازلرود 69	158 / 164 / 165 / 170 / 176 / 191
البرتغال 83 / 171 / 432 / 433 / 471 / 713	422 / 469 / 470 / 472 / 476 / 490
772 / 773 / 784 / 785	654 / 694 / 738
برتيليمي الانكليزي 181	بالاروك 124
برتولين 331 / 344 / 687 / 718	بالزيورغ 126
برتود 537	پالياني 285
برتولي 562 / 606 / 608 / 612 / 613 / 618	بالهاراكري 763
619 / 693	باسيرغ 53
برتو لومبيدي ملينا 779	بانتا غرويل 17
برتو لومو لورنسو 784	باندا 169
برتو لوميو ديلاروكا 167	باهايا 784
يرد 519	بالو زانخيا 418
يرسيا 47	باني 314
يرسيغال يوط 593 / 594 / 691	بايرث 696
يرغام 148 / 155 / 167	بايون 728

یرونگر 489	یوزابرن 192
یرونریغ 593	یوکلی 480
یروست 619 / 719	یولین 211 / 470 / 471 / 476 / 477 / 530
یروت 652	594 / 635 / 661 / 690
یروشاسکا 663	یونارد ولتر 25 / 88
یروفل 712	یونارد دینو بالدی 104 / 105
یروتیرودی آفیلار 713	یونارد بالیسی 118 / 119 / 120 / 121 / 122
یویطانییا 84 / 139 / 177 / 430 / 469	123 / 125 / 126 / 127 / 128 / 144
775 / 723 / 699 / 691 / 690 / 686	145 / 172 / 178 / 219 / 439 / 733
یویسو 171	یونغارو 150
یویروس 173	یونار دینو مونتانا 165
یویکز 234 / 244	یونار آرین 185
یویستلی 383 / 542 / 551 / 583 / 584	یونشیک 219
600 / 601 / 602 / 608 / 609 / 616	یونسار دی جوسو 433 / 624 / 708 / 709
705 / 647 / 646	710 / 719 / 723 / 732 / 787
یویان رونسون 657 / 718	یونار دان دی سان بیار 532 / 545
یوی فونتن 721	یونار دینو رامازی 689
یویون 786	یونار دینو ساهاغون 777 / 781
یونشویغ لونبرغ 445	یونستون 788 / 794
یوست 609	یوردو سیمو یلوماندی 31
یوسیل 535	یورکلیس 37 / 55 / 494
یوترس برغ 27 / 470 / 553	یوروسیا 69 / 457 / 470 / 645 / 661 / 690
یوترس ایانوس 38 / 43	713 / 729
ییطلیموس 17 / 18 / 21 / 24 / 25 / 37	الروتستانت 81
53 / 65 / 66 / 68 / 69 / 70 / 72	یورتچی 127
73 / 74 / 75 / 76 / 77 / 78 / 79	یورکسل 154 / 372
86 / 87 / 89 / 272 / 308 / 309	یورسیرو الینو 169 / 176 / 178 / 193 / 196
790 / 754 / 750 / 329 / 313	یورفا 174
یونلیفی 669	یورونفل 190
یونین 594	یوروج 208 / 446
یوکاری 726	یورقانسا 209 / 315 / 432
یوکین 749 / 753 / 754 / 761	یورودرو موس 401
یولارمین 72	یورولک تایلور 469 / 475 / 495 / 550

بئلاڻان 164	بئلينو ڪامٽالي 315 / 438
پلاسو 734	بئليڪٽ ڊي سوسور 728 / 731
بلجڪا 713 / 725	بئسلڦانيا 720 / 790 / 791
بلغوري 124	بئغيتو سيليني 494
بللو 126	بئوا ڊي مايه 630 / 733
بلنڪ 719	بئواته 55 / 168 / 774
بلومبير 124	بئواتيه 55 / 164 / 176
بلوڪنٽ 436	بئواسون 490 / 587
بلومبري 448	بئواسو 528
بلوت 448	بئواسيه ڊي سوفاج 654 / 685 / 687 / 688
بلوڪر 499	بئوتوسي 779
بلومين باغ 672 / 703 / 728	بئورباخ 21 / 24 / 25 / 38 / 43 / 54 / 64 /
بسلين 16 / 121 / 125 / 126 / 173 / 179 /	87 / 80 / 69 / 66 / 65
181 / 182 / 187 / 192 / 354 / 388 /	بورغوسان سبولڪرو 31
789 / 525	بوربون دار شومبولٽ 124
بليز ڊي بام 31	بوربون لائسي 124
بليئو 185	بورفو 124
بليز باسڪال 242 / 245 / 285	بورفير سينٽي 133
بليني 407	بورج 176
بئيرغ 27	بورغونيه 184
بئلي 304	بوريلي 207 / 218 / 407 / 414 / 426 / 552 /
بئجامين طومسون 563	647 / 650 / 653 / 654 / 655 / 656 /
بئجامين فرانڪلين 460 / 570 / 573 / 574 /	661 / 669
576 / 577 / 578 / 579 / 580 / 581 /	بورجي 244
582 / 583 / 587 / 588 / 790 / 791 /	بورٽا 357
792 / 794 / 795 / 796 / 797 / 798 /	بورنير 395
بئجامين مارتان 730	بورٽال 420
بئجامين ريشاردسون 732	بورڊلين 425
البندقي 21 / 22 / 25 / 27 / 31 / 33 / 41 /	بوردهاف 433 / 540 / 562 / 564 / 576 /
46 / 47 / 49 / 52 / 53 / 59 / 65 /	646 / 650 / 651 / 658 / 665 / 676 /
67 / 124 / 139 / 149 / 150 / 151 /	679 / 685 / 790
153 / 155 / 157 / 164 / 165 / 170 /	بورجوا 331
179 / 185 / 187 / 208 / 312 / 464 /	بورلاس 701

بورگهارد 712	بولو جيوفيو 166 / 181
بورې 713	بوليه 172
بورگهوسن 713	بوليو 263 / 318 / 558
بوربون 722	بولو سارې 273
بوز 576	بولزانو 473
بوسر 81	بوليا 494
بوسوت 511	بولنوك 592
بوس 495	بول جوزيف 661 / 671 / 682 / 683
بوسطن 738 / 790 / 792 / 794 / 795	بوليار 718
بوشوز 699	بولتفي 718
بوشران 236	بول سيو كوانغ كي 751 / 753 / 754
بوشوتا 777 / 778	بول دودلي 790
بوفون 181 / 425 / 445 / 460 / 471 / 490	بومبونازي 13
491 / 542 / 563 / 597 / 613 / 614	بومبالي 18 / 43 / 46 / 49 / 50 / 51 / 54
624 / 625 / 626 / 628 / 629 / 635	57 / 58 / 59 / 234 / 236 / 240
636 / 637 / 641 / 642 / 696 / 699	255 / 273 / 784
700 / 702 / 703 / 705 / 706 / 710	بوميرليه 69
716 / 718 / 721 / 725 / 726 / 733	بوميت 437
734 / 735 / 736 / 738 / 740 / 786	بومي 558 / 593 / 609 / 614 / 615 / 616
792 / 796	بوتان 629
بوفون دي لوماني 239	بونتوس دي تيار 80 / 89
بوكوني 433	بونافيد 194
بوڪسيوم 713 / 722	بونومو 396
بوكلند 734	بونسي غليولي 433
بولونيا 12 / 38 / 47 / 50 / 53 / 69 / 123	بونينادور 463
126 / 139 / 148 / 150 / 154 / 158	بوناييرت 496 / 697
167 / 174 / 188 / 255 / 256 / 322	بوندي شيري 531 / 767
387 / 422 / 437 / 438 / 448 / 524	بوتين 689
530 / 668 / 694 / 713 / 720 / 726	بونامي 713
782	بونتيرا 714
بولس الثالث 67 / 72 / 176	بونشارتران 774 / 786
بولس 163	بوهيميا 91 / 139 / 446 / 713
بول ايجين 165 / 168	بوي دي دوم 286

بیره 287	بویل 349 / 355 / 363 / 376 / 446 / 540
بیسو 417 / 421 / 426 / 533 / 534 / 537	551 / 556 / 561 / 562 / 563 / 570
782 / 781 / 778 / 771 / 721 / 593	594 / 790 / 793
بیرویل 552	بیانشینی 24 / 25
بیروغوشیو 595	بیاردوهمیم 34 / 95 / 99
بیروز 697	بیاردو کادل 55
بیزنطیة 21 / 82	بیارداموس 55 / 80
بیسزا 150 / 157 / 158 / 194 / 208 / 271	بیاردانی 83
312 / 315 / 422 / 438 / 694 / 720	بیاریپنا 89 / 189 / 191
بیزوت 482 / 484	بیاردن 123
بیزو 784	بیسار پینلون 122 / 124 / 126 / 176 / 179
بیساریون 25	180 / 182 / 183 / 184 / 185 / 186
بیسونیل 710	195 / 196 / 393 / 394
بیشت 671 / 675 / 683	بیارجیل دالهی 164 / 179 / 183
بیغور 123	بیاردو فرانکو 168 / 174
بیغانا 179	بیاردوینیس 419
بیکارهیا 134	بیاردو ماغنول 431 / 624
بیکار دی بیار ماری کور 353 / 354 / 355	بیاردو بیرو 442
356 / 357 / 361 / 362 / 519 / 522	بیاردو بوغر 524 / 533 / 542
529 / 533	بیاردو بوافر 722
بیکنه 563	بیتر ارلک 13 / 14
بیلی 730	بیتر و برجی 46
بیمونت 433	بیتر شوفر 187
بینوا 14	بیتر روٹ 236 / 482
بینیل 685	بیتر روفینی 483
بینارس 766	بیتر فان موشریوک 559 / 575
بیر بوترو 290	بیترکون 650
ب . انجر دی توشجن 164	بیتر سیمون بالاس 729
ب . آمان 438	بیرو دلا فرانسیسکا 21 / 33 / 494
ب . آنگو 551 / 552	بیرکن ماجر 70
ب . اوسی 582	بیروس 150
ب . س . الینوس 673	بیرمسک 209 / 210 / 315 / 317 / 318 / 410
ب . اوتیلی 702 / 712	بیرو غوردی 285

ب . مونيرا 697	ب . الميدا 760
ب . سرابات 717	ب . الباتيل 786
ب . سونات 722	ب . بولسورت 185
ب . د . سان سيمون 786	ب . بسكر 195
ب . شارل فوا 720 / 723	ب . بيونتيت 473
ب . شرك 751	ب . ل . ج . بوات 511
ب . غودي 185	ب . باردى 551
ب . غرمالدي 752	ب . بريفو 563
ب . فيغاروس 691	ب . م . س . بالاس 696 / 699 / 701 / 703 /
ب . فانيتا 719	706
ب . فويه 721 / 786	ب . بوفلسن 697
ب . فوزي اوبلي 721	ب . باريلي 710
ب . فورسكار 722	ب . بوليار 712 / 715
ب . فوكيه 753	ب . بلوميه 720 / 786
ب . فيزينور 753	ب . بالير 721
ب . ف . فون سيويلد 761	ب . بيريرا 750 / 755
ب . كازنيرو 176	ب . بيلديني 755
ب . كاستل 545	ب . بوغر 782 / 786 / 787
ب . كيرشر 545	ب . قنبرغ 708 / 722 / 723
ب . كولب 697	ب . توماس 752
ب . كامبر 703	ب . جريون 750
ب . كومرسون 723	ب . دبلوني 149
ب . كوغلر 750 / 754	ب . دي مونت مور 490
ب . كالم 786 / 788	ب . دكور 674
ب . لورامبورغ 437	ب . ج . ج . ديسوت 674 / 691
ب . ليوني 695	ب . ديشيزو 713
ب . ليوني 702	ب . م . دانجيلا 784
ب . مرمين 549	ب . ج . دي يونكمب 787
ب . ه . ج . موهريخ 702	ب . روينس 475
ب . ميشلي 712 / 713	ب . ج . ردوني 697
ب . ميلر 715 / 719	ب . روا 751
ب . ماركيت 786	ب . روکا 754
ب . هسلر 154	ب . زغيا 689

تسيفي 110	ب . هرمن 432
تسي شاونان 756 / 757	ب . هاريسونت 719
تشاو سينغ 753	ب . ويلسون 575
تشانغ سونان 757	ب . ويلمه 718
تشن من لي 754	
تشي نهوس 483	
تشي شوي جي لى 756	
توينجن 38 / 189 / 308 / 422 / 553	
توياس ماير 526 / 535	
توي کاراني 784	
توتشو مونخ 756	
تودرمان 768	
تورينو 52	
تورير 174	
تورنر 178	
تورنچ 192 / 729	
توريشلي 208 / 235 / 248 / 251 / 252 / 253 / 254 / 255 / 256 / 258 / 264 / 276 / 285 / 286 / 287 / 288 / 290 / 295	
تورن فورڊ 424 / 708	
تورينو 476 / 477	
تورغو 602 / 721	
تورمس 655	
تورت 689	
تودين برغمان 582 / 587 / 593 / 601 / 608 / 613 / 732 / 739	
توسکانه 207 / 208 / 442 / 557 / 657 / 726	
توفوا 195	
تولوز 176 / 210 / 239	
تولون 719	
توما الاکويي 13 / 127	
توماس کمپيس 14	
توماس فنکي 26 / 80	
	تابولا پروتينیکا 78
	تابولا رودولفينا 91 / 155
	تاباردير 168
	تاتسنگ جي تونغ تشي 756
	تارتغليا الصغير 101 / 102 / 103 / 107 / 111
	تارتيني 550 / 553
	تاغليا کوزي 174 / 692
	تاکينوس 592
	تاکيني کينو 758
	تاکانو شوري 763
	تالون 786
	تاليوس 192
	تاهيتي 531 / 723
	تاپلور 265 / 473 / 478 / 480 / 484 / 487
	تراکتانوس 25
	ترانسيلفانيا 210
	ترجيروني 726
	ترفيز 22 / 27 / 32
	ترکيا 196 / 686 / 722 / 792
	ترمبلي 635 / 695
	ترو 719
	تري بارتی 54
	ترسممحيست 73
	تريشل 164
	تساو بنغ تشن 754
	تسھانيا 723

- ت -

79 / 56 / 79	توماس ديفيجز
56	توماس مور
149	توماس ليتاكر
393 / 392	توماس موفت
392	توماس بفي
410 / 408 / 396	توماس ويليس
404	توماس برولرين
410	توماس وارثون
684 / 415	توماس سيدن هام
429	توماس ميلنغتون
491	توماس بايس
567	توماس سافيري
693	توماس فاوئر
789	توماس ماربون
789	توماس هاريو
789	توماس هارتون
792	توماس جيفرسون
294	توماس براتل
288	تونيلي
335	تونياس
722	تونس
753	تونغ داو
755	تونغ پوتشينغ
378	تبيوت اللوريني
122	تيتو بوخوس
155 / 154	تيتيان
320	تيتس
757 / 755	تي ثشن
139	تيرول
751	تيرنتيوس
436	تيسان
689	تيسو
15 / 39 / 73 / 80 / 81 / 85	تيكو براهي
86 / 87 / 88 / 89 / 90 / 91 / 92	تيم بوان
112 / 218 / 283 / 307 / 308 / 309	تيمودور الغزاوي
311 / 317 / 321 / 322 / 323 / 459	تيمودور
754 / 752 / 525	تيون الازميري
756	تيون الاسكنلري
25	تيودوريك
52 / 37 / 26	تيودور
31	تيورिका نوفا
65 / 54	تيوراست
81	تيودور زونجر
80	تيوفيل الغزاوي
422 / 187 / 126 / 125	تيودور هلك
161 / 158	تيوفيل موفت
187 / 181	تيوفيل بوني
209	تيوفيل دي سورددو
392	671 / 670 / 174 / 173
416 / 414	681 / 682 / 683 / 684
416	تيوفيل ترونشن
681	تيودور سوسور
686	ت . بلوسي
717	ت . بيغوت
438	ت . بينان
549	703 / 702 / 699
681	ت . تابريتا مونتانوس
686	ت . توركت
487 / 474	ت . جونسون
438	ت . ديمسدا
722 / 697	ت . سيمبسون
165	ت . شنك
693 / 691	ت . شو
817	ت . غازا
	ت . غولار

ت . فرشيلد 715

ت . هنري 693

ت . هانك 783

ت . ولتر 721

- ت -

ثابت 31

ثورن 69

- ج -

جارتو 755 / 751

جاسنڻ 766

جاء ڏوڏا سيلهوس 12 / 149 / 151 / 152 /

413 / 412 / 410 / 194 / 155

جاڪوب پارلري 34

جاڪ بانيه 43 / 80 / 50 / 167 / 173 / 238

جاڪ ليفيئر ڊيٽايل 54

جاڪومو ماريئا نودي سيان 119

جاڪ اوبرت 127 / 173

جاڪوب بيرنغارڊو ڊي ڪارپي 150 / 151 / 153

جاڪ غريبن 165 / 172

جاڪوب وانرمان 169

جاڪ ڪارٽيه 169 / 774 / 786

جبلڪ الاول 209

برنولي 241 / 245 / 262 / 269 / 270 / 289 /

478 / 473 / 472 / 469 / 463 / 295

654 / 510 / 506 / 499 / 490 / 488

جاڪ روهولت 290 / 291 / 406 / 503

جاڪ بوليو 419

جاڪوب بوبار 429

جاڪ بواسو 437

جاڪوبي 479 / 482 / 548 / 637

جاڪوبو باروزي 494

جاڪ ڪاسيني 522 / 532

جاڪين 598 / 713

جاڪوب روهي 635

جاڪ فوڪونسون 653

جاليا 32

جال 128

جاميڪا 436 / 593

جامس سترلن 469 / 475

جامس ڪيل 493 / 653 / 657 / 669

جامس واط 565 / 567

جامس ڪوڪ 697 / 723

جامس لوغان 715 / 790

جامس هوتون 563 / 731

جامستون 789

جامس بتيئر 790

جان بودان 16 / 17

جان ساڪروويسڪو 21 / 31

جان ويلمان 28

جان پورل 54

جان پلتيه مانس 55 / 60 / 123 / 165

جان ترانشان 55 / 58

جان راي 56 / 79 / 227 / 285 / 393 / 394 /

423 / 424 / 426 / 429 / 430 / 431 /

432 / 433 / 436 / 557 / 595 / 623 /

695 / 707 / 732

جان ٽوننگ 61

جان سڪوت ارغين 73

جان ڊولارت 96

جان باٽيسٽ بئلي 19 / 51 / 52 / 53 / 57 /

79 / 84 / 85 / 96 / 104 / 105 / 106 /

جان الفونسو بوريل 324 / 413	107 / 108 / 109 / 112 / 113 / 168
جان باتيستا ديلاپورتا 327 / 354	631
جان دوجات 357	جان سيليا 106
جان پاتيست شان هلمونت 15 / 371 / 372	جان فيليوون 107
373 / 374 / 376 / 379 / 400 / 401	جان لاثاي 126
412 / 424 / 425 / 595 / 598 / 649	جان باتيست كانانو 151
650 / 651 / 677	جان غونتيه دانلرناخ 151
جان پيغن 377	جان اتيان كالكار 154 / 155
جان سومردام 398	جان اويورينوس 155
جان غودار 398	جان فرنل 158
جان بيكت 404	جان هوليه 164
جان ريولان 411	جانوس كورناريوس 165
جان كيل 413 / 474	جان بوميه 166
جان جاك مونجي 414 / 416	جان انداجين 167
جان اندريا هلفيتوس 421	جان كواتار 168
جان كورتوت 427	جان پشكور 169
جان 434	جان پوكسبرغ 185
جان لاکتيفي 436 / 437	جانغ 188
جان لورون 463	جان جبرار 191 / 195
جان بينه 482	جان دالشان 192
جان وايت 491 / 789	جان رويل 192
جان بليرين 494	جان نيکوت 196
جان ريشر 529	جان دي لري 197
جان هنري هاسفرانز 649	جان مير 208
جان مينييه 649 / 655 / 717	جان پرنولي 241 / 265 / 266 / 267 / 269
جان يوازيو 654	270 / 463 / 469 / 472 / 473 / 476
جان رومستان 655	477 / 478 / 479 / 486 / 487 / 508
جان استروك 633 / 665 / 666 / 668 / 718	509 / 510 / 513 / 533 / 550 / 654
732	656 / 657
جان نيکولا کورنيسار 684	جان دي بوگران 250
جان جلابرت 687	جان باتيست موران 321
جان باسيلهاک 692	جان پیکار 320 / 321 / 322 / 326
جان کلايتون 708 / 720 / 791	جان هيکک 322

جزر البحر المتوسط 196 / 435
 جزر الكتاري 197 / 723 / 724
 جـسـر الأنتيل 417 / 434 / 435 / 687 / 688 /
 721 / 722 / 774 / 776 / 786 / 794
 جزر الأرخيل 435
 جزر الباسيفيك 436 / 697
 جزر الملوك 697 / 722 / 723
 جزر البهاما 720 / 791
 جزر الكارييب 721
 جزر فرنسا 722 / 723
 جزر سيشل 722
 جزر القمر 723
 جزر الرأس الأخضر 724
 جزر الشركة 724
 جزر الأصدقاء 724
 الجزر الجنوبية 724
 جزر الهند الغربية 771
 جزيرة كريت 125 / 196
 جزيرة رني 154
 جزيرة ميكرا كميري 119
 جزيرة فرجينيا 434
 جزيرة الآسانسيون 435 / 436
 جزيرة نوتردام 437
 جزيرة القديسة هيلانة 535
 جزيرة ميتوركا 688
 جزيرة بوريون 723
 جزيرة ديشيا 760
 جزيرة الأرض الجديدة 775
 جزيرة كاب بريتون 787
 جليبران 358
 جما فرمزيوس 43 / 55 / 79
 جمرنات 691
 جمشيد الكاشي 58

جان انجنهوس 717
 جان اندره دي لوك 727 / 728
 جان دي ليمبورغ 728 / 731
 جان دي غيتار 712 / 726 / 733
 جان لويس سولافي 736
 جان الثالث 772
 جان السادس 773
 جان ريو 774
 جان فردريك فالينو 774 / 786
 جان دياز 778
 جان كريناس 779
 جان باتيست كولير 786
 جان تالون 786
 جان فرنسوا غولتيه 787
 جان يرات 787
 جاوه 436
 جبـال الألب 123 / 188 / 192 / 431 / 728 /
 735
 جبال البرنيه الوسطى 432
 جبال الأبينين 726
 جبال الجورا 728
 جبال هارز 729
 جبال ايزيرج 729
 جبال البرنيه 192 / 713 / 734
 جبال الأنفلس 773
 جبل اوفرنيه 286
 جبل دوم 286 / 287
 جبل كومبانييل 307
 جبل اراوات 435
 جبل سان لوقا 725
 جبل بولكا 726
 جرماتيا 176
 الجزائر 722

جورج فونيه 442	جنت 164
جورج لويس 624	جنتيل 767
جورج شين 413 / 657	جنگر 381
جورج ارنست ستاهل 658	جنوبي 107 / 139
جورج مارشال 689	جنوب فرنسا 124
جورج فورستر 724	الجنوب 765 / 766 / 773
جورج الثالث 776	جنيف 55 / 163 / 470 / 727
جورج جوان 782	جهان براش 166
جوزي دي اكوستا 182	جهان اسين 167
جوزف غوتيه 315	جهان بيتار 175
جوزف دوشن 411	جهان ماسي 182
جوزيف بيتون 431	جوانس بوئر 54
جوزيف صوفير 549	جوانس بطرس 71
جوزيف بلاك 564 / 565 / 566 / 592 / 597 / 598	جوان جوزي 619 / 779
جوزيف برستي 582 / 599 / 717	جوان لوسيرن 738
جوزيف دي جوسيو 697 / 721 / 782	جوان بادبانو 781
جوزيف 709 / 710	جوردانوس نيمورايسوس 21 / 22 / 27 / 31 / 35 / 43 / 54 / 61 / 103 / 111
جوزفين 719	جورج فون بورباخ 23
جوزف بانكس 435 / 697 / 724 / 784	جورج ترويزوند 25 / 37 / 65
جوزف تاونسند 732	جورج شياريني 33
جوزف دي اكوستا 777 / 781	جورجيو فاللا 35
جوزي بوري فاشيو 785	جورج هارمن 39 / 357
جوست بورجي 88 / 232	جورج مالا 41
جوست امان 185	جورج ريتيكوس 71 / 72 / 73
جوفروا سانت هيلر 785	جوردان يسرونو 79 / 81 / 84 / 85 / 103 / 180 ⁸ / 217 / 218 / 219 / 410
جوليو سيزار اراتزيو 158	جورج بونر 139
جوليان بيرى 166	جورج رفردي 185
جون فيلد 79	جورج كانفيلهم 222 / 405 / 566
جون بينا 80	جورج بوليفان 269
جون غروسيوس 110	جورجيو باغليني 407 / 413 / 669
جون غويس 164 / 165 / 166	جورجيا 435
جون كانابي 166	

جون فون كوب 186	جون جوملين 789
جون يارکينون 195	جون هادلي 790
جون تايرا ونير 242	جون برترام 790 / 792
جون سپيدل 244	جون ميتشل 791
جون واليس 255	جون لينغ 793
جون كولسون 259	جون ونثروب 794
جون نايه 312	جون ادامس 795
جون دومينيك كاسيني 315 / 318 / 320 / 322	جوهان شونر 25 / 38 / 71
524 / 525 / 532 / 534	جوهان مولر 25
جون الثالث سويسكي 318	جوهان وزر 38 / 39 / 44
جون فلامستيد 323	جوهان ويلمانستر 70
جون ماير 375 / 376 / 596	جوهان دي کيتام 153
جون ارنست ستاهل 381 / 680 / 681	جوهان لانج 172
جون جونسون 393 / 347	جوهان توماس 185
جون وير 418	جوهان بوهيم 191 / 418 / 433
جون شيلر 424	جوهان کبلر 11 / 15 / 17 / 22 / 52 / 64
جون ترادمسکان 434 / 435 / 448	66 / 75 / 78 / 80 / 82 / 84 / 85
جون رود وورد 444 / 448	86 / 87 / 90 / 91 / 92 / 203 / 205
جون لاندن 475 / 481	211 / 212 / 213 / 217 / 218 / 219
جون غرونت 491	220 / 231 / 239 / 244 / 246 / 249
جون پيکار 570	254 / 278 / 299 / 302 / 304 / 305
جون ميشال 583	307 / 308 / 309 / 310 / 311 / 312
جون اليوت 615	313 / 314 / 316 / 317 / 318 / 319
جون تورفيل نيدهام 635 / 716 / 728 / 731	321 / 324 / 325 / 326 / 327 / 328
جون هنتر 637 / 674 / 690 / 691	330 / 333 / 363 / 364 / 365 / 446
جون پروان 661 / 679 / 680 / 720	459 / 519 / 524 / 790
جون هوارد 689	جوهان فابريسيوس 316 / 702 / 708
جونسون 730	جوهان کانتیان 447
جون وسلي 731	جوهان غسٹر 712 / 726
جون بلينير 493 / 494 / 731	جوهان جي کونيغ 712 / 723
جون فريز 737 / 738	جوهان ر . فورستر 697 / 724
جون بلغدیر 778	جوهان جاکوب شوزر 712 / 727
جون سميت 713 / 789	جوهان غوطلب لمان 729

جوي 786	535 / 542 / 712
جيان انطونيو تاغلياني 46	جيمس يودوين 795 / 798
جيام باتيستا دلا پورتا 167 / 194 / 566	جيتولوريا 47
جياكومو توماسيني 680	جين هوتو 722
جيور 767	جين پروجيوس 722
جيرار دي كرمونا 37 / 65 / 164 / 240	جين پورمن 722 / 723
جيرو لامونرا كاستورو 46 / 67 / 68 / 121 /	جيوردانو پرينو 15 / 22 / 64
169 / 170 / 171	جيوفاني باتيستا دلاتوري 67
جيروم كارادان 15 / 44 / 45 / 46 / 47 / 48 /	جيوفاني باتيستا آميسي 67 / 68
49 / 50 / 51 / 55 / 60 / 104 / 105 /	جيوفاني فيليپو انفراسيا 158
110 / 121 / 122 / 166 / 167 / 168 /	جيتوفاني كريستون 164
173 / 213 / 234 / 238 / 245 / 285 /	جيوفاني مناردي 165
368 / 391 / 595	جيوفاني دافيجو 174
جيرالومو فابريسو 157	جيوفاني رونيلي 327
جيرار دوسيپو 188	جيوفروا الصغير 593
جيزار 484	جيوفروا الكبير 593 / 594 / 611 / 612 / 613
جيرو لاموساكري 493	جيوفاني راسوري 679 / 775
جيرار ديزارغ 495	ج . آسيلي 404
جيروم دي لالند 535	ج . اورماتاري 426
جيرو سولاني 736 / 737	ج . اوين 444
جيل كوروزت 126	ج . آلوم 494
جيل براسلس 132	ج . اليكوت 559
جيل واليس 254 / 472 / 473 / 493	ج . آمونتون 560
جيل برنسون دي رويرفال 281	ج . ب . ابرهارد 646 / 699
جيل دافيد غريغوري 469	ج . اونزو 664 / 666 / 667 / 668
جيل مويرتوي 469	ج . ادوارد 695 / 713
جيل لاغرانج 476	ج . اندرسن 697
جيل شيلي 592	ج . آ . اوليفيه 697
جيل بويل 595 / 596	ج . آليس 701 / 712 / 715
جيل هوکار 786	ج . اليجر 702
جيمس غريغوري 254 / 256 / 264 / 326	ج . اوھنفلشر غفتر 383 / 609 / 615 /
جيمس جورين 475	703 / 618
جيمس پراڊلي 436 / 520 / 523 / 524 / 530 /	ج . اردينو 726

- ج . بيلغ 153
 ج . بايو 166
 ج . ف . بونا 192
 ج . بونتاتوس 193
 ج . بانزوني 196
 ج . بلسينر 206
 ج . ر . بارتيتون 375
 ج . بلاس 394 / 395
 ج . س . بير 410
 ج . برسر 433
 ج . بانستر 434
 ج . بوندت 435 / 619
 ج . برين 436
 ج . برانكا 566
 ج . باريو ديورج 574 / 797
 ج . م . بوز 575
 ج . بروشاسكا 667 / 668
 ج . ل . يتي 285 / 674 / 690 / 691
 ج . بالقين 674
 ج . برنفل 689
 ج . بيشودي لامارتينيار 689
 ج . ب . بوديلوك 692
 ج . ف . بلوميناخ 699
 ج . آ . بيسونيل 700
 ج . ج . بروغير 701
 ج . س . بولي 701
 ج . ج . آ . بازين 702
 ج . بوس 712
 ج . بولتن 713
 ج . بوليت 714
 ج . بازين 716
 ج . باربو ديوريغ 719
 ج . بيانكي 726
 ج . ج . باديا 778
 ج . بافون 782
 ج . تسنيه 107 / 113
 ج . تريكو 399
 ج . ب . تونفور 190 / 191 / 198 / 430
 432 / 433 / 434 / 435 / 623 / 707
 708 / 709 / 710 / 712 / 714 / 720
 732 / 786 / 787
 ج . ر . تيون 674
 ج . ج . تومسون 797
 ج . ج . جولين 609 / 696 / 713 / 718
 ج . جابلونسكي 702
 ج . جاكين 719 / 721
 ج . دي سبار 153
 ج . ب . فل موني 168
 ج . دوشول 192
 ج . دوماس 377
 ج . ب . دواميل 406
 ج . ج . دوفري 419
 ج . ب . دينيس 421 / 224
 ج . ب . دوترتر 435
 ج . دي لويتال 472
 ج . دويريل 494
 ج . آ . ديوك 558 / 559
 ج . ت . ديساغوليه 574
 ج . ش . م . دي غرود 682
 ج . دوغلاس 691
 ج . ب . دافيد 691
 ج . داخيل 692
 ج . م . ف . دي لاسون 694
 ج . ش . دي سافيني 697
 ج . ديبلن 708 / 713
 ج . دي وشنرروف 712

- ج . دي لوريو 723
ج . ج . ل . ديفنداك 753
ج . دومي 782
ج . س . ديانس دي سوزا 784
ج . ريش 153
ج . رانف 436
ج . روير 437
ج . روا 474 / 582 / 623
ج . ف . ريکاتي 477 / 487
ج . رامسدين 560
ج . رويسون 565
ج . ب . ش . روبينه 630
ج . ش . ريل 662
ج . رسيغولت 693
ج . ج . روسو 718 / 787
ج . روسر 718
ج . زيلار 418
ج . ه . زورن 703
ج . سكاليجر 105 / 119 / 120 / 595
ج . سيلفاتيكو 163
ج . سيرايون 194
ج . آ . سينز 484
ج . سيفا 496
ج . سيکس 559
ج . سميتون 559
ج . ميناک 673
ج . د . مستوريني 673
ج . ستيلر 696
ج . ج . سولزر 703
ج . م . سلس 719
ج . ميپ توب 722
ج . ب . سانسوم 763
ج . شنک 438
ج . س . شروت 701
ج . س . شريپر 702 / 712
ج . س . شو 702
ج . ب . شاپرت کوغولين 787
ج . غراتارولي 167
ج . غيلومو 174
ج . غوتشد 433
ج . غريسلي 433
ج . غرافساند 560
ج . غادولين 565
ج . غاهن 619
ج . غودزير 671
ج . ب . غوافون 674
ج . آ . ي . غويز 700
ج . ف . غرونوفويس 708
ج . غارتتر 712
ج . ج . غليپيتش 715
ج . فلسنگ 435
ج . ب . فراري 438
ج . ک . فاغانو 481 / 486
ج . ل . فوليزارد 494
ج . ي . فيشر 618
ج . ف . فولتن 661
ج . فان سويتن 685
ج . ب . فرانک 685
ج . ف . فينيلي 693
ج . ک . فوشل 729
ج . ب . ل . فرانکلين 786
ج . ک . فافون 786
ج . کوليدج 34
ج . کليمپاريوس 65 / 197 / 424 / 429
ج . ب . کودرونشي 418
ج . کولي 421

ج . مارلياني 564
 ج . پ . موران 565
 ج . مارشان 627
 ج . پ . مورغاني 675
 ج . هـ . د . مولدن هور 713 / 714
 ج . سى . مويس 721 / 782
 ج . ماريقي 722
 ج . ي . مولينا 782
 ج . م . موسينو 783
 ج . نيوهوف 436
 ج . هرناندزي اوفيلو 171
 ج . هيرمن 470 / 487 / 498 / 699
 ج . هودسون 474
 ج . هينستريت 674
 ج . هيل 713
 ج . هوفان 713
 ج . هيوز 720
 ج . ورسنغ 410
 ج . ولكن 431
 ج . وهار 435 / 571
 ج . ولسن 489
 ج . ودغود 560
 ج . ك . ويلكي 565 / 582
 ج . ونكلر 575
 ج . ب . ونسلو 674
 ج . ويلارجيس 795
 ج . يواكيم بيشر 373 / 380 / 381
 ج . ف . يفاف 478

- خ -

خليج البنغال 435
 خليج سونتورين 726

ج . كوملين 433 / 435 / 437 / 438
 ج . كورنوت 434
 ج . كوننغهام 435
 ج . كريغ 472 / 473
 ج . پ . كريستين 559
 ج . كرافت 565
 ج . كوهن 578
 ج . كانتون 582
 ج . كونكل 594
 ج . ت . كلين 696 / 698
 ج . كرامر 712
 ج . كولروتر 715
 ج . ليولت 128
 ج . لوزل 433
 ج . هـ . لامبير 470 / 487 / 495 / 496
 526 / 542 / 543 / 563
 ج . لوريشون 556
 ج . ن . ليركون 673
 ج . ليتود 675
 ج . لوردا 682
 ج . م . لانسيزي 685
 ج . لند 688
 ج . ص . لافانر 688
 ج . لوروني 702
 ج . ب . لايات 721
 ج . ك . ليتسون 724
 ج . موريكي 37
 ج . ماجيني 59
 ج . ماناردى 193
 ج . ماجور 421
 ج . ماركغراف 435 / 784
 ج . ماشين 487
 ج . موهر 495 / 496

دانیال کولنز 439	خلیج شیرازیک 775
دانیل 470	خوارزمی 28
دانیال یرنولی 476 / 477 / 480 / 490 / 491 /	
492 / 508 / 509 / 513 / 519 / 550 /	
562 / 583 / 647	
دانیال باسافان 654	داروین 425 / 707 / 716
داتوب 699	دارمیرغ 646
دایقید فابریسیوس 318	دارموت 795
دتوفیل 252 / 258 / 263 / 265	دافید دی بومیس 166 / 170
دراک 169 / 775	دافی دی پروسار 195
دروهم 552	دافید ریتنهاوس 794
دریندر 151 / 719	دالشان 188
دستوفیل 175	دالتون 380 / 618 / 620
دعجز 84	دالمیر 463 / 469 / 471 / 476 / 477 / 478 /
دلقت 208 •	480 / 481 / 482 / 485 / 486 / 492 /
دلھی 767	494 / 505 / 506 / 509 / 510 / 511 /
دلینوس 713 / 722 / 723	513 / 514 / 515 / 518 / 521 / 528 /
دنکوک 533	538 / 550 / 553 / 576 / 613 / 625 /
دنیز 171	669 / 738
دنیس بابان 288 / 551 / 563 / 567	دالونسی 559
دوبوی 210	دال کوفولو 718
دوبری 441	داللیار 792 / 796
دویلن 690	دامیان 168
دویتون 696 / 700 / 740 / 741	دامیانوس 329
دودن 188	دامیه 697
دودی 791	دالمارک 15 / 87 / 88 / 89 / 211 / 269 /
دورفاندی 17	322 / 433 / 688 / 690 / 697 / 699 /
دورینو 53	713
دوریت 166	دانیال 44
دوسو 170	دانیلغ 71 / 211 / 318 / 319 / 696 /
دوستاش 400	دانیال باریارو 185
دوشن 127 / 173	دانجون 321
دوشین 627	دانیال سنیر 411

- د -

دوفيللا فينا 128	دي سافوا 52
دوقاي 370 / 382	ديسرتا تيودي لومين 545
دوفرني 395	ديسباش 594
دوني 563 / 696	دي سالوس 598
دوكت ايغوانرس 63 / 64	دي ثاتليه 504 / 518
دوكاليون 121	ديشيا 761
دولون 521 / 542	ديغورنيا 81
دومينيكو ماريا دي نوفارا 38 / 69	دي غراف 650
دومينيك سوتو 95 / 105	دي فيلغنون 197
دوموند 435	ديكارت 8 / 46 / 49 / 53 / 62 / 85 / 98
دومينكان 777	100 / 109 / 204 / 205 / 206 / 207
دون سكوت 105	208 / 210 / 211 / 212 / 213 / 214
دون بندرو 773	215 / 216 / 218 / 219 / 220 / 221
دوهيم 105 / 106 / 110 / 353	222 / 223 / 224 / 225 / 226 / 231
دوهامل دي مونسو 714 / 716 / 718 / 787	236 / 238 / 239 / 240 / 247 / 248
ديالوغو 212	249 / 250 / 252 / 254 / 256 / 257
دي الويار 619	259 / 263 / 264 / 277 / 278 / 279
ديجين 161	280 / 281 / 282 / 283 / 284 / 285
دي بلي 241	286 / 289 / 290 / 291 / 292 / 293
ذي بروبورسيوني موتيس 281	295 / 296 / 297 / 302 / 303 / 304
دي بارباور 494	328 / 331 / 334 / 335 / 336 / 337
دي بوردا 511	338 / 340 / 348 / 351 / 355 / 356
دي نورنون 196	363 / 364 / 365 / 366 / 367 / 368
ديجي 369	369 / 376 / 408 / 409 / 413 / 423
ديجون 606	425 / 439 / 440 / 441 / 442 / 444
دي جبر 702	445 / 446 / 479 / 482 / 484 / 496
ديدر 576 / 669 / 733 / 738	498 / 504 / 506 / 519 / 546 / 547
دي روتندو 197	548 / 562 / 569 / 578 / 647 / 656
دي رومفورد 563	663 / 664 / 668 / 669 / 705 / 734
دي رستمر 566	ديكسن 714
ديزارغ 241 / 242 / 243 / 495 / 496	دي لوييتال 266 / 295 / 473
ديزارغويه 510 / 540	دي لامار 287
	ديلاورتا 330 / 333

رأبليه 124 / 126 / 164 / 174 / 179 / 180 /	ديلي 406
182 / 195	دي لاسابليير 406
راتيسيون 25 / 288	ديلون 411
رازي 13 / 180	ديلور 796
رأس الرجاء الصالح 435 / 722 / 724	ديولين 192
الراغوزي 507	دي مونيچ 333 / 348 / 556
رافسون 474 / 485	دي موتو 404
راموس 18 / 55 / 56 / 493	دي موانر 486 / 490
راميرنت 395	ديمان 619
رامو 552 / 553	دينيس هانريون 244
راوولف 176 / 722	دي هالستين 750
راي 626 / 627 / 706	ديوفانت 18 / 50 / 51 / 53 / 58 / 59 / 234 /
رجيوس 290 / 291 / 292 / 405	489 / 240 / 235
رجيو دي بزي 768	ديوسكوريد 165 / 173 / 187 / 194
ردوني 720	دي ورد 208
رديرت دودن 189	ديوني 320
رمدن 519	ديونيس سيجور 497 / 751
رنفاكوشا 761 / 762 / 763	ديوكليس الكايسي 649
رناك 692	ديودوني دولوميو 735 / 741
روان 210 / 285	د . اهرت 719
روبر الانكليزي 26	د . بيريز دوفارغا 128
روبرت ريكورد 56 / 79	د . بومي 165
روبر بويلي [بويل] 209 / 288 / 297 / 365 /	د . دودار 413 / 424 / 425 / 494 / 495
366 / 369 / 372 / 375 / 379 / 380 /	د . روزفورد 559
408 / 647 / 658	د . سوتون 686
روبر هوك 209 / 218 / 221 / 325 / 328 /	د . سولندر 724
329 / 331 / 338 / 339 / 340 / 341 /	د . غوب 658
342 / 345 / 346 / 350 / 351 / 375 /	د . كاسنل 792
376 / 396 / 408 / 410 / 426 / 427 /	د . مكلي 375
428 / 440 / 443 / 446 / 448 / 522 /	د . ت . ويتسايد 496
540 / 559 / 562 / 569 / 595 / 596 /	
741 / 790 / 793	
روبر فال 210 / 215 / 235 / 239 / 248 /	رايدو لوجيا 59

- 1 -

188 / 207 / 211 / 249 / 434 / 444 /	250 / 251 / 252 / 253 / 254 / 255 /
741 / 781	257 / 258 / 263 / 281 / 282 / 286 /
رومفورد 542 / 566	287 / 295
رومير 550	روير نورمان 357 / 358 / 367
رومي دي لپل 739	روير تالبور 421
رونسار 173	رويرت شاروك 427
رونديلي [روندليه] 180 / 185 / 186 / 191 /	روين 437
389 / 391	روير هوپرت 448
رويل 187	روير سمسون 469 / 493
رويش 669 / 670	روينس 480
رويز 721	رويرويت 664 / 665 / 666 / 668 / 672
ريتيكوس 26 / 39 / 75 / 78 / 80	روبرتز 715
ريتون 778	روتبول 723
ريچيومونتاوس 21 / 23 / 24 / 25 / 26 / 30 /	روثيان 80 / 85 / 87
38 / 39 / 43 / 58 / 64 / 65 / 66 /	روجر باكون 82 / 138
83 / 88 / 234	روجر كوت 474 / 486 / 487 / 503
ريچيو دي كالابري 148	رودولف 58 / 59 / 424 / 429
ريلدي 207 / 221 / 414 / 436 / 641 / 650	رودولف الثاني 91 / 309 / 312 / 446
ريز 44	روذر بوسكويتش 507 / 508 / 545 / 546
ريست 662	روزل 637
ريشر دي بلفال 192 / 195	روزل فون روزنهوف 695 / 702
ريشي 249 / 254 / 751 / 752 / 753	روزيه 718
ريشار مورتون 414	روسيا 24 / 84 / 139 / 457 / 470 / 696 /
ريشار وايزمان 414 / 419	699 / 713 / 729 / 750
ريشليو 435 / 775	روستوك 78 / 87 / 91
ريشر 532	روسو 152
ريشار كيروان 608	روسيوس كوردوس 194
ريشران 662 / 685	روفيني 470
ريشار پراډلي 714 / 715	رول 484
ريفور ليسيوتيس 79 / 81	رولان ميشال باران دي لاغاليستينار 787
ريفور ماسيوني كالانداري 82	رولي 796
ريكيولي 318	روما 31 / 47 / 53 / 70 / 83 / 84 / 105 /
ريكار [ريكور] 407 / 438	157 / 158 / 164 / 165 / 179 / 184 /

- ريکارډو 758
ريلډو کولومبو 157
ريا کلوس 123
رعي بللو 126
رکون لول 180
رکون، اتيان 180
رکون فيسنس 410
رهمان 481
رينيه تاتون 9
ريناتيا 14 / 444
رينهولد 79 / 81 / 88
رني دوغلس 223 / 224 / 271 / 302
رينيري [ريناري] 290 / 315
رني انطراڻ فرشتو دي ريموسور 401 / 471 /
558 / 559 / 575 / 626 / 633 / 635 /
637 / 638 / 639 / 642 / 645 / 646 /
650 / 651 / 652 / 672 / 696 / 701 /
702 / 703 / 713 / 732 / 733 / 786 /
787
رينيه دي غراف 401 / 410
رينو 473
رينالدي 559
رينولت 561 / 662
رينيه جوست هاوي 740 / 741
رني لودونير 774
رينال 792
ريو دي لاپاتا 772 / 783
ريو دي جانيرو 784 / 785
ر . آرنالدين 403
ر . آتاناکيرش 122 / 112 / 219 / 363 / 414 /
440 / 444 / 445
ر . ش . اولمي 706
ر . بومبلي 485
- و . براون 711
و . ل . ديفونين 722
و . دي لاسال 786
و . ميبالڊ 433
و . ميمر 581 / 582 / 587
و . ب . ميباتي 674
و . فلود 556
و . فيسنس 675
و . کونستانان 194
و . مک . کون 321
و . کون 491
و . لور 421
و . موريسون 423 / 424 / 430
و . هيڊن 671
- ل -**
- زادبال بويلستون 792
زالوزنسکي 187
زامبرتي 54
زانوبي [زانوبي] 438 / 530
الزركلي 24
زمرمن 699
زوريخ 188 / 827
زورن 719
زيان دي کو 47
زيلندا 724
- س -**
- سابينزا 158
ساج 609
ساربون 65

729 / 565	سارت 195 / 196
سان اندريه 626	ساراز 253
سان شامون 710	سارازين 787
سان.جاك دي كومبوسيل 733	ساش 707
سان كريستوف 738	ساغريدو 272 / 274 / 276
سان فرانسيسكو 777	ساكروپوسكو 24 / 38 / 54 / 65 / 80 / 82
سان ديفونسو 777	الساكس 125
سان ماركو دي 778	ساكسون 139
سانتوس 784	ساكيري 494
سيالانزاني 401	سالامنك 171
سباسيان روين 434	سالفاني 185 / 186 / 272 / 274 / 276 /
سبالت 446	391 / 389
سباستيانو كابوتو 775	سالومون دي كوس 494 / 566
سبيتيز بيرغ 433	سالاديني 497
سبرنغل 705 / 706	ساموس 79 / 125
سبستيان كولان 165	ساموراي 758
سبستيان فايان 433	سان فرانسوا 31 / 83
سبون 435	سانفوريان شانيبه 164 / 166
ستاتيك تارتغليا 103	سان لوران 169 / 774 / 775 / 787
ستاسفورت 126	سان بيار 175
ستاھل 371 / 380 / 382 / 383 / 599 / 607 /	سان كوم 175
612 / 646 / 649 / 659 / 660 / 661 /	سان لوك 175
662 / 663 / 688	سان لويس 175
ستارلن 650 / 718	سان جرمان 178
ستراسبورغ 42 / 89 / 164 / 176 / 296	سان واپلد بالد 195
ستراپوت 120 / 121	سان فانسان 257
ستراتون 556	سان جاك 287
ستلوتي 396	سان توما 363
ستندال 462	سان اندري 377
ستوكهولم 210 / 530 / 601	ساتوريو ساتوريو 407 / 413 / 425 / 556 /
ستينون 128 / 206 / 207 / 211 / 219 / 401 /	684 / 653
410 / 440 / 442 / 443 / 445 / 446 /	سان درمنغ 434 / 687 / 721
	سان بطرس بيرغ 471 / 476 / 490 / 517 /

سوارتز 721	650 / 656 / 657 / 726 / 729 / 730
سوٽو 106	734
سوٽ شو 757	ستيريا 308
سوڊيا 197 / 315 / 722 / 733	ستيفن غري 382 / 570 / 571 / 572 / 574
سوڊون 321	575 / 578
سوڊيان 434	ستيفن هال 425 / 596 / 654 / 716
سوڊين 473	ستيرلنڊ 490 / 497
سوڊج 550	سرافينو فولتا 726
سومور 563	سرفيتو 151 / 160
سوفوس لي 479	سفرينزس 173
سوفير 549 / 550 / 553	سفريني 699
سوفولڪ 737	سفين 192
سولوكوس 68	سڪال فون بل 750 / 752 / 754
سولنڊر 719	سڪٽوس اميريڪوس 181
سولڊاني 726	سڪويوڪي 699 / 708
سومطرة 435	سڪوت 723
سوميرنڊ 665	سلس 164 / 419
سونيني دي مائون ڪور 722	سلفينو دجلي آرماني 327
سونڊ 755	سلفسٽر 373
السويڊ 139 / 686 / 702 / 709 / 719 / 720	سلوز 240 / 249 / 263 / 264
مسويسرا 185 / 420 / 422 / 470 / 686 /	سلوان 701
713 / 718 / 725 / 726 / 738 / 787	سليو ڪالڪاني 68
سيام 735 / 767	سمبليسوس 41 / 218 / 219 / 221 / 272
سيپسيون دل فرو 38 / 46 / 47 / 48 / 49	سموڊونسڪي 751 / 754
سيپسيون دي مونتو 38	سنٽريفوج 295
سييريا 531 / 696 / 729	ستو دومنغو 777
سيچيسڪ 706 / 708	سنغال 696 / 697 / 711 / 722
سيلهام 421 / 790	سنيو سنيي 133 / 134 / 138
سيرهاس سلوان 611 / 708	سنيل 233
سيرجون هيل 719	سنيليوس 57 / 88 / 110 / 321 / 331 / 506
سيزار ڪريونيني 13	سواسرڊام 221 / 328 / 408 / 632 / 637
سيزالينو [جونڊ] 13 / 121 / 160 / 182 /	647 / 657 / 658
187 / 192 / 193 / 198 / 403 / 423 /	سواب 593

س . دال 437
 س . ف . دومون سانلو سون 786
 س . شاميه 166 / 195
 س . غرينوس 65
 س . غلصنت 437
 س . فاپان 708
 س . ب . كراشينيكوف 696
 س . كرنر 719
 س . ف . لاکروا 476 / 493
 س . لکلرک 493
 س . ف . لودويغ 703
 س . ماکلورين 474
 س . م . مريان 695
 س . ميلر 712
 س . ف . هرهبستاد 609
 س . ف . وولف 636 / 637

- ش -

شاتيله 460
 شارل بويل 54
 شارل التاسع 124 / 178
 شارل اتيان 128 / 152 / 153 / 195
 شارل کانت 154 / 171
 شارل الثامن 169
 شارل دي لسکلوز 188 / 189 / 190 / 191 /
 192 / 196 / 197
 شارل الثاني 307 / 323
 شاروين 329
 شارل الاول 401
 شارل باربيراک 415
 شارل فيليکس تامي 419
 شارل بيرو 442

424 / 430 / 431 / 595 / 707
 سيزار مالغاي 419 / 420
 سيبي 396
 سيستولي 396
 سيفموند فون هريرستين 178
 سيفر فوکوکور 353
 سيفين 566 / 607 / 648 / 661 / 672
 سيفيه 718
 سيفيرين بينو 418
 سي فونغ تسو 751 / 754
 سيکست الرابع 25 / 83
 سيکست کانت 124 / 171 / 447
 سيکي کو 482 / 758
 سيليزيا 178
 سيلان 435 / 436
 سيلفيوس 650 / 676 / 677 / 685
 سيمون ستيفن 18 / 46 / 57 / 58 / 59 / 60 /
 61 / 81 / 93 / 110 / 111 / 112 /
 113 / 114 / 208 / 232 / 236 / 240 /
 279 / 289 / 484 / 494 / 652
 سيمون غرينو 37
 سيمون دوشسن 233
 سيمون ماير 318
 سيمون کروجر 690
 مينيك 14 / 348 / 381
 مينا 127
 مينيت 592
 مينيه 705 / 718
 سينان 133
 س . بولي 433 / 438
 س . بروتون 721
 س . آ . تينو 685
 س . ج . جولين 696 / 713

الشرق الأقصى 140 / 435 / 749 / 761 / 762 /	شارل 561 / 605
763	شارل فرنسوا ميسترني دوفي 570 / 572 / 573 /
شريكن قوش 80 / 81	574 / 575 / 576 / 581 / 582 / 584
شريبر جالين 699	شارل اغوستين كرومب 585 / 586 / 587 / 588
شستر موهاال 541	شارل وود 593
شفنكفلت 178 / 180 / 183	شاردينون 607
الشمال 408 / 776	شارل روينه 631
الشمال الأوروبي 464	شارل داروين 631
شمبانيا 139	شارل بسوني 633 / 634 / 636 / 637 / 638 /
شنغهاي 753	639 / 640 / 641 / 642 / 643 / 702 /
شنغ ب . أول 754	705 / 716
شور 125 / 703	شارل بل 669
الشواطئ والغربية 197	شارك 696
شوتن 238 / 249 / 256 / 293 / 294	شارل لبني 707
شوزر 738	شارل الثالث 772 / 778 / 782
شوغون 760	شاركاس 777
شوكيه 21 / 31 / 43 / 44 / 47 / 48 / 51 /	شارتيه دي لوتينبار 787
236 / 55	شارلستون 792 / 793
شومل 719	شارل مورنون 793
شومون آن فكسان 732	شاطئ الأطلسي 458
شونر [شونتر] 43 / 255	شاطئ المتوسط الشرقي 722
شوي تاو تيانغ 756	شامبرلين 420 / 774
شيبول 43	شاتيلي 178
شيبا كوهان 762	شيتال 606
شيرار 435 / 437 / 720 / 722	شبه جزيرة ملكا 723
شيرون 14	شبه الجزيرة الهندية 417 / 765
شيكيانغ 756	شبه الجزيرة الإيطالية 418
شيكيان 753	شتونغارت 713
شيسلي 383 / 563 / 594 / 603 / 619 / 772 /	الشرق 24 / 432 / 434 / 435 / 457 / 458 /
782 / 774	464 / 687 / 722 / 763
ش . ن . اسلون 687	الشرق الأوروبي 69
ش . بلوميه 434	الشرق الأوسط 138 / 688
ش . يرسون 714	الشرق الأدنى 140 / 178 / 722

طليطلة 164 / 784
الطوسي 26

- ع -

عالم المتوسط 408
العالم العربي 749
العالم الغربي 763
العالم الأطلسي 775
العرب 66
علي بن عباس 163
عماتويل البرتغالي 185

- غ -

غارغانتو 17
غارينو 25
غارسيا دي أورتا 179 / 184 / 186 / 193 / 197
غاريديل 432 / 434
غارسيلا سوي لا فاغا 777
غارغيا 778
غاستون دي فوا 47
غاسبار بوهين 158 / 191
غاسندي 210 / 215 / 244 / 277 / 278 /
297 / 317 / 318 / 319 / 336 / 369 /
552 / 562 / 661
غاسكونيه 321
غاستون دورليون 433 / 437
غاسبار مونج 41 / 469 / 471 / 476 / 477 /
478 / 493 / 495 / 496 / 498 / 499 /
500 / 501 / 550 / 552 / 506 / 606
غاسبار فريدريك وولف 636
غاسبار دي كوليني 774

ش . ب . تنبرغ 761
ش . ج . جيوفروا 592 / 715
ش . ل . دوماس 682
ش . ريشه 403 / 717
ش . شونيني دي ماتون كور 721
ش . غسنر 388 / 389 / 390 / 393
ش . غوفر اورتيغا 712
ش . فون وولف 705 / 714
ش . كوريو لانوس 185
ش . كافينديش 599
ش . ف . لودويغ 675
ش . موفوين 739
ش . نوت 712
ش . هيس 474

- ص -

صاكابي كوهان 758
صقلية 119 / 327 / 433
صموئيل 241
صموئيل كلارك 503 / 504
صموئيل رير 553
صموئيل وليم 794
صولندر 708
الصين 133 / 140 / 417 / 436 / 457 / 464 /
697 / 722 / 723 / 749 / 752 / 753 /
756 / 757 / 758 / 760 / 762 / 763 /
792 / 767
الصين الجنوبية 749

- ط -

طاليس 353 / 368

غزالنداعي 363 / 358	غالييه [غاليي] 8 / 11 / 13 / 15 / 18 / 78
غراي 370	95 / 89 / 87 / 85 / 84 / 82 / 79
غرافساند 540 / 504 / 495	206 / 204 / 203 / 109 / 107 / 106
غراهام 520 / 519	214 / 213 / 212 / 209 / 208 / 207
غراهالا غهافا 766	224 / 223 / 220 / 218 / 217 / 216
الغرب 41 / 77 / 457 / 458 / 684 / 750	252 / 249 / 245 / 244 / 231 / 225
752 / 753 / 754 / 760 / 773 / 774	274 / 273 / 272 / 271 / 264 / 257
798 / 776	280 / 279 / 278 / 277 / 276 / 275
غرناطة 168 / 772 / 782	296 / 295 / 291 / 285 / 282 / 281
غرونولويس 196 / 791	312 / 311 / 308 / 307 / 306 / 299
غرونلاند 433 / 713	318 / 317 / 316 / 315 / 314 / 313
غرو 790	363 / 335 / 328 / 326 / 320 / 319
غريغوار ريش 41	413 / 411 / 409 / 407 / 400 / 399
غريغوار الثالث عشر 83	556 / 549 / 459 / 440 / 439 / 423
غريف 165	793 / 790 / 752 / 569
غريشام كوليج 209	غاليان [غاليوس] 16 / 147 / 148 / 149
غريغوار دي سان فانسان 242 / 249 / 253	156 / 155 / 154 / 152 / 151 / 150
264 / 263	166 / 165 / 164 / 163 / 160 / 157
غريمالدي 318 / 331 / 337 / 338 / 339	407 / 401 / 399 / 172 / 170 / 168
753 / 750 / 551 / 547 / 349 / 344	663 / 659 / 655 / 415 / 414
536 / 535 / 534 / 530 / 715 / 754	غالية الفرنكية 133
غرين 609	غاليو مارسكوتي 348
غستر [جستر] 12 / 17 / 121 / 122 / 124	غالفاني 589 / 661 / 668 / 671
185 / 184 / 183 / 181 / 179 / 127	غالتيري 707
194 / 192 / 189 / 188 / 187 / 186	غاليزي 725
595 / 198	غاليسونيار 788
غلاسكو 469 / 565	غانيسا ديفانجا 766
594 / 592	غاي لوساك 561
غلووير 141 / 373 / 591 / 610	غريال زربي 170 / 150
غلو سوتومون 174	غريال فالويو 157
غليوم غوسلان 55	غريال نودي 209
غليوم الرابع 78 / 88 / 90	غريل كرامر 482 / 497
غليوم روتنلي 158	غراز 309

غولوم بودي 164	غونزالز فرنانديز اوفيدو 777
غولوم كوك 164	غويانا 417 / 721 / 722 / 774 / 782
غولوم بايو 415	غويلو ريفي 438
غولوم دي لويتال 469	غي باتان 164 / 411
غليسون 659 / 660	غيغن دي تيان 95
غليديتش 708 / 712 / 714	غيتالدي دي راغوس 234
غند لسهير 435	غيغتون دي مورفو 562 / 604 / 605 / 606 / 608 / 610 / 612 / 613 / 614 / 615
غوا 169 / 179 / 484	617
غواجيلوب 434	غيتار 716
غواتيالا 772 / 778	غيلو اوسلي 97
غوتنجن 445 / 470 / 535 / 685 / 719	غي دي شولياك 148 / 166 / 419
غوتي داغوي 719	غيلو غيدي 158 / 159 / 164
غوتو غونزان 759	غي فولا بروس 437
غودين 497	غيلو بالودل موني 494
غوردون 575	غيرال 432
غورتر 713	غيلاندينو 176
غوس 470 / 482 / 483 / 484 / 485 / 489 / 491 / 494	غيغي 179
غوستاف ماغنوس 649	غينيا الجديدة 723 / 724
غوساو 784	غيون دي هيتسبوري 95 / 105
غوليوس 240	غيودو غراندي 470
غولدين 250 / 264 / 792	- ف -
غولتيه دي لفاليت 326	فايريسيو داكوا بسلتي 13 / 16 / 157 / 395 / 403 / 659
غولد باخ 489	فاير كولونا 122 / 189 / 197 / 430
غولتيه دي لافيرندري 786 / 788	فايرسيوس هيلدانوس 174 / 419
غولد سميت 792	الفاتيكان 39 / 781
غومارا هرناندز 179	فارس 417 / 697
غومز اورتيجا 713	فاراندري 774
غونتيه دانديس 123 / 149 / 154 / 164 / 165 / 170 / 176	فاسي 151
غونزالف 169	فاسكو دي غاما 169 / 195
غونفريد ويلهلم لينينز 211	فاغون 432 / 433 / 434
غونر 713	

470	فاكتانو	248 / 249 / 256 / 263 / 487 / 488 /
595	فاكس	491
28	فالسي	فراري 12 / 13 / 46 / 47 / 49 / 51 / 103
36	فالا	فرانكونيا السفلى 25
81	فالتى أونو	فرانسيكو فليسيانوڊ الزيزو 46
124 / 121	فالريو	فرانسيكو غاليني 46
151 / 158 / 400	فالوب	فرانسيكو موروليڪو 51 / 52 / 53 / 245 / 327
165	فالا دوليد	فرانسوا دي فواكانڊال 55
فاليري كورڊوس 188 / 192 / 193 / 194 / 196	فاليري	فرار 157 / 158
437	فاليت	فرنسو رانشين 163 / 416
641 / 701	فاليسنيري	فرنسو اولو 168
669	فالپ	فرانسيسكو منليس پتو 169
717 / 739	فالريوس	فرنسو الاول 173 / 176 / 776
726	فاليزنباري	فرانسيسكو هرنانڊز 179 / 434 / 781 / 783
728	فالورسين	فوانڪفورٽ 184 / 185 / 713 / 719
16 / 124 / 138 / 178	فانسان دي بوفيه	فرانڪيل دي بيسي 245
127	فانوڪيو بيرنفوشيو	فرانسوا مارتى 433
184	فان دى بوط	فرانسيسكو كالزولاري 192 / 448
186	فان كالڪار	فرادي 577 / 581 / 584
235	فان شونن	فرانسوا داليبار 581
401	فان هورن	فرانز اينوس 582
482 / 483 / 484	فاندر موند	فرنسو كيسني 653
487	فانت لافي	فرانسوا بوماسي دي سوفاج 681 / 711
609	فان مونس	فرانسوا لاپروني 689 / 691
619	فان تروستويڪ	فرانڪو 692
716	فان مارون	فرانسوا اندري 720
757	فان ڪوان تشن	فرانسوا موييز شاراس 751
774	فاندي	فرازانو 774
713	فاهل	فرانسيسڪان 777
168	فريس بستيلس	فرانسوا ديفورودريڪ 778
11 / 46 / 53 / 55 / 58 / 61 /	فرانسوا فيات	فرانسوا فوييه 782
62 / 213 / 231 / 232 / 233 / 234 /		فريست 750 / 751 / 754
235 / 236 / 238 / 239 / 240 / 246 /		فرچينا 436 / 720 / 775 / 789 / 791 / 792

فردينان 171 / 207	فرنسيمكو غزغنز 781
فردينان السابع 772	فرون آمون 734
فروزيه [فريزيه] 495 / 721 / 782	فريديورغ 41 / 128 / 729 / 779
فوساي 437	فريدريك كوماندينو 53
فرغاس ماشوكا 780	فريدريك الثاني 89 / 91 / 457 / 470 / 476 /
فرنل 12 / 13 / 15 / 16 / 159 / 160 / 166 /	477
168 / 170 / 339 / 346 / 352 / 399 /	الفريزون 139
539 / 547	فريدريك سيزي 207
فرنسا 14 / 27 / 43 / 45 / 56 / 79 / 80 /	فردريك رويشن 410
83 / 148 / 151 / 165 / 166 / 169 /	فردريك هوفمان 592 / 646 / 675
175 / 183 / 184 / 185 / 188 / 196 / 208 /	فردريك مير 598
210 / 250 / 277 / 320 / 337 / 381 /	فرين 670
408 / 411 / 413 / 415 / 416 / 417 /	فريدريك الرابع 688
418 / 419 / 420 / 421 / 422 / 432 /	فريول 726
433 / 434 / 439 / 457 / 459 / 461 /	فلامستيد 90 / 534 / 535 / 790
473 / 493 / 494 / 499 / 504 / 517 /	فلاك 244
531 / 534 / 537 / 540 / 543 / 544 /	فلاكور 435
558 / 559 / 571 / 574 / 601 / 609 /	فلادلفيا 794 / 795 / 796
611 / 615 / 675 / 681 / 684 / 685 /	فلسطين 196 / 722
686 / 687 / 688 / 689 / 690 / 691 /	فلندر 14 / 139 / 208
693 / 694 / 695 / 699 / 702 / 708 /	فلورنسا 13 / 14 / 33 / 46 / 149 / 150 /
711 / 712 / 714 / 718 / 719 / 720 /	164 / 185 / 194 / 207 / 208 / 227 /
722 / 723 / 733 / 736 / 750 / 773 /	272 / 276 / 324 / 442 / 443 / 557 /
774 / 775 / 776 / 786 / 787 / 788 /	720
792 / 795 / 796	فلورين بيريه 286 / 291
فرنسيس ياكون 11 / 204 / 206 / 209 / 214 /	فلورك 553
215 / 216 / 221 / 226 / 330 / 408 /	فلورانس 624 / 625
556 / 562 / 563 / 796	فلوجر 664
فرنسيس غليسون 428	فلوريدا 720 / 771 / 774 / 791
فرنسيس هوكوسيبي 570	فلوريان دي يلفوا 741
فرنلي 639	فليكس براتر 158 / 738
فرنسا الجنوبية 736	فليكس دي آزارا 783
فرنسا الجديدة 775 / 785 / 786 / 787 / 788 /	فتيتا 723

فونتانى كانغېي 750	فنزويلا 772
فيروف 93	فنج شى 757 / 762
فيشاغور 17 / 64 / 213 / 214	فنج كوي فن 757
فيرجيل 14	فهرنايت 559 / 564 / 645
فيرونا 47 / 170	فويان 463 / 464
فيروشو 152	فويجل 719
فيرمات 210 / 231 / 232 / 235 / 238 / 239 /	فورتوناتو فيديلي 418
240 / 241 / 224 / 246 / 247 / 248 /	فورييه 485 / 550 / 553
249 / 250 / 251 / 252 / 253 / 254 /	فوركرو 562 / 606 / 609 / 615 / 617
255 / 258 / 259 / 264 / 290 / 331 /	فورسكال 708
336 / 366 / 473 / 479 / 484 / 489 /	فورستر 722
490 / 498 / 506 / 548	فوز 170 / 190 / 191 / 192
فيراسير كولي 256	فوس 331 / 543
فيروني 726	فوسل 730
فيستس 665	فوستر هويار 779
فيستين 726	فوش 123
فيغياني 207 / 208 / 252 / 473 / 552 /	فوشر 706
فيك دازير 675	فوك 188 / 589
فيليب ميلانكتون 38	فوكلين 594
فيلاش كارانتي 140	فوكانسون 653
فيليب الثاني 154 / 179 / 780 / 781 /	فوكيه 684
فيليو فينيلا 167	فولتر كراتر 159 / 182 / 184
فيليو ساسيتوي 169	فولكامر 433
فيلون 181	فولتير 460 / 463 / 504 / 507 / 518 / 519 /
فيليب دي لاهير 242 / 322 / 425 / 495 /	734 / 733 / 639 / 543
496 / 499 / 500	فولتا 669 / 687
فيليب لانس بروج 317	فولغا 729
فيلغورد 372	فولفيك 733
فيليو برونش 494	فونتيل 304 / 377 / 432 / 459 / 480 / 732 /
فيلون البينظي 556	733
فيليب بينيل 683 / 688	فونتانا 318
فيلار 713	فونتين 477
فيلغتون 773	فونك 593

ف . فالتين 723	فيليب كومرسون 784
ف . فيلو فرنكو 785	فيليب بواش 787
ف . كول 413	فيينا توريس 37
ف . كوياني 434	فينس 190
ف . كافاليني 434	فينيل 597 / 608 / 613 / 722
ف . ج . كاموس 510	فيشا 23 / 24 / 38 / 191 / 507 / 598
ف . كاسيورولو 542	719 / 694 / 685 / 667
ف . كارتوزر 719	ف . و . اوئل 487
ف . ش . لسر 703	ف . پوناميكو 271
ف . مسمير 687	ف . پرونو 400
ف . مولر 715	ف . بيوناني 429
ف . هاسلكيست 722	ف . ج . ف . پروسي 680
ف . ويرز 174	ف . بيرار 682

- ق -

القاهرة 126	ف . پرافو 780
القدس 126	ف . توري 693
القزويني 193	ف . دي بوم 254
قسططين فاروليو 158	ف . ديكز 419
قسططين الافريقي 163	فر . ديهويون 494
قسططين هويين 208 / 280	ف . دوناني 713
القسططينية 210 / 435	ف . ريدي 396
قطاي 169	ف . ريكاتي 497
	ف . زيمز 434
	ف . سلفيوس 414
	ف . سيسي 434
	ف . سولانو 684

- ك -

كابو 70 / 355 / 363 / 364 / 367 / 369	ف . ل . ج . سوليس 692
570	ف . شاروجي 688
كاب 530 / 531 / 535	ف . شوبارت 691
كابايس 646	ف . ج . غال 688
كابراي 772	ف . غرونو فيوس 720
كاب بريتون 775	ف . فابري 174
	ف . فولي 421
	ف . فيك دازير 694

کالفن 163 / 167	کاتالدي 255
کالیفورنيا 531 / 771 / 780	کاتيلان 295
کالداني 668	کاترين الکبرى 457
کاليدونيا الجديده 723 / 724	کاترين الثانية 470 / 476 / 696 / 729
کامبانوس 21 / 23 / 49	کادا مومسو 197
کامبيللا 126	کاد والادر 791
کامپريديج 209 / 259 / 277 / 291 / 297 /	کارلسباد 124
298 / 324 / 422 / 430 / 469 / 503 /	کارت سبرنفل 149 / 657 / 661 / 662 / 715 /
794 / 793	716
کامل 436	کاري 473 / 550
کامپر 672 / 738	کاريووليس 512
کامشکا 696	کارل فردريک ونزل 615 / 617
کامپريديوس 714 / 715	کارل ليناوس 707
کامالاکار 766	کارل فون ليني 707
کانونیکا 69	کارولينا الجنوبيه 720 / 792 / 793
کانانو 152 / 158	کارولينا 720 / 721
کاندي 435	کارلوس سيغززا غوتفورد 778
کانتون 723	کاسيوس 124
کانغ هي 751 / 752 / 753 / 755	کاستر 239
کاو تسونگ يوتنغ يي تسونگ 756	کاستلي 256 / 433
کايوس 179	کاسيني 316 / 320 / 321 / 326
کايي 482	کاسفرين 326
کايرو 504	کاسبار سکوت 375
کايان 529 / 530 / 532	کاستيلون 496
کيلر الثالث 525 / 529	کاسيني دي توري 530 / 533 / 534
کتالوني 432	کاسيني الرابع 534
کراکوفيا 38 / 69	کاسيس 700
کراتوفون کرافت هم 170	کاسبار شانبرجن 761
کرايزاتو بلوني 180	کاغواجين تسو 759
کرايتري 321	کاسفاليري 220 / 234 / 235 / 242 / 249 /
کرامر 484 / 699 / 714	250 / 251 / 253 / 256 / 263 / 264
کرستانوس 411	کافانيل 712 / 713
کرکونگ 401	کالپ 67

کلود بیرو 442	گرمینان 652
کلود برنار 460 / 661	کرم جنرل 726
کلود جوزیف جیوفروا 591	کروستند 593 / 739
کلود لوکات 653 / 661	کریستوف رودولف 42
کلود ریشار 722	کریستوف کلافیوس 52 / 53 / 59
کلود 737	کریستوف روٹیان 78 / 88
کلیان 70	کریستیان اورستین 78
کلیان الرابع 82 / 150	کریستیان الرابع 91
کلیرمون 124 / 733	کریستوف کولومب 169 / 195 / 357 / 368
کلیان السابع 176	510 / 511 / 573 / 577 / 581 / 584
کلیرمون فران 210 / 286	771 / 775 / 771
کلیرسله 281 / 290	کریستوفال اکومستا 179 / 197
کلیفورد ویل 427	کریستوف بلاتین 189 / 190
کلیرو 469 / 476 / 477 / 478 / 479 / 481	کریستیان هرین 208 / 232 / 398
493 / 499 / 508 / 510 / 518 / 521	کریستین 211
527 / 528 / 533 / 538 / 542 / 613	کریستوف شاینر 316 / 440
کلیفورد 708	کریستوف غلازر 376 / 773
کمبانوس 54	کریستوفر ورن 421
کنتان 178	کریستوف نوت 432
کتون 753	کرپل 609
کنندا 720 / 774 / 775 / 776 / 786 / 787	کری 713
788	کزیلاندر 53 / 240
کواتر 168	کسیار توریل 171
کوانغ تونغ 753	کلافیوس 81 / 83 / 239 / 240 / 263
کوبنباغ 88 / 91 / 438 / 446 / 520 / 690	کلادنې 552
442	کلاری دی لائورت 718
کوبولتس 128	کلنچسترنا 541 / 542
کوبر 655	کلوزیوس 171 / 184 / 786
کوبایاشی کانيسادا 760	کل . وریوت 185
کوت 478 / 496	کلود دوپل 222
کوتنجن 694	کلود میلان 317
کوتون مائر 790 / 792 / 795	کلود بیرولت 407 / 408 / 413 / 424
کوئرت تانستال 56	کلود دانیل 435

کولنسون 578	کودو 321
کلرورتر 635 / 705 / 706 / 714 / 715	کورنیلوس آفریقا 15 / 180
کلن 677 / 680 / 688	کوریتوس تروجانوس 103
کولومبیا 782 / 795	کورنارو 170
کوماتدینو 37 / 51 / 56 / 494 / 556	کورنیل سونت 185
کومنتاریولوس 70	کورودس 190
کومرسون 697	کورنلیس دي ورد 279
کومیر 784 / 785	کورنالیس دریبل 375
کونیقسیمغ 25	کورو دي لاشامیر 400
کونستروکسیو 59	کوردموا 406
کونتاتس 83	کورسیکا 433 / 434
کونراد غسٹر 188	کورت 487
کونشویله 240	کورنو 672
کونی 265	کورلې 718
کونتیه نیس 322	کوزین 94 / 99 / 104
کوونت 477	کوزان 606
کوندورسپه 49 / 492	کومپو 19
کونفلیک 493	کوس رودولف 44 / 45
کونیغ 507	کوستابل 271
کونلٹ 575	کومت 341 / 343 / 350
کونراد برشومس 610	کوسونف لو 755
کونپیر 734	کوشی 251 / 475 / 481 / 482 / 485
کونیغ کي هان 756	کوغلر 750 / 751
کونفو شیوس 756	کوفیه 182 / 625 / 703 / 734 / 738 / 796
کوندامین 782	کوفیان 256
کونیر 38 / 57	کوک 722 / 724 / 782 / 794
کیان لونف 750 / 752 / 757	کولیشو سالونانی 14
کیانغ سو 753	کولونیا 113 / 176 / 313
کیپر 189	کولومبو 157 / 159 / 160 / 400 / 402
کییک 774 / 788	کولونا 198
کیری 303	کولیر 210 / 307 / 320 / 774
کیروان 383 / 615 / 616	کولو 419
کیل 654 / 671	کولیور 533

668 / 655 / 652 / 650 / 649 / 646	377 كين
783 / 714 / 700 / 672	756 كين كيان
496 لاس	760 كيوتو
618 لاستون	ك . بيرو 395
لاسييد 702 / 700 / 696	ك . آ . بوغن 674
لاستار 726	ك . دريل 556
لاسال 774	ك . غاستيرويو 398
لاسينا 783	ك . ميلن 723
لاغونا 165	ك . هيرن 683
لاغرانج 477 / 475 / 470 / 469 / 241	ك . ويسل 486
483 / 482 / 481 / 480 / 479 / 478	ك . ف . وولف 714
498 / 489 / 488 / 487 / 485 / 484	
514 / 513 / 512 / 510 / 505 / 499	
649 / 550 / 528 / 526	

- ل -

لاغني 485	لابروير 221
لافليش 53	لابوي 713 / 708 / 534 / 533 / 508 / 433
لافونتين 406	لابلاس 476 / 471 / 470 / 469 / 463
لافيتر 737	490 / 487 / 482 / 481 / 478 / 477
لاكروا 469	527 / 526 / 524 / 512 / 492 / 491
لاكاي 552 / 530	564 / 563 / 560 / 531 / 529 / 528
لاكوندامين 533	648 / 645 / 606 / 605 / 566 / 565
لالوير 258	لايروي 690 / 665
لالا 766	لاياردير 723
لاميه 406	لاتران 83
لاميت 448	لاديلاس السادس 24
لاميتري 715 / 609	لاروش 732 / 669
لامارك 723 / 710 / 707 / 706 / 696 / 609	لاروك 722
لانغلوغ 134	لارسيدا اليدا 784
لانك 168	لازاريفوس اركر 128
لاندن 477	لازارينا 176
لانغلو 519	لازار ريفير 416
لاهاي 702 / 197 / 57	لازار كارنو 512 / 511 / 496
لاهير 766	لازارو سبالانزاني 643 / 639 / 638 / 637

لوروا 537 / 626	لورد کلفن 561 / 587
لفیه 434	لورنتر 577
لکسیل 487	لوراغي 619
لندن 56 / 79 / 165 / 185 / 195 / 209	لورنبرغ 619
257 / 319 / 321 / 323 / 328 / 354	لوري 665
392 / 415 / 431 / 469 / 474 / 475	لوران 709 / 713
490 / 491 / 325 / 578 / 635 / 654	لوزان 479
690 / 721 / 724 / 775 / 789 / 791	لوش نس 448
793	لوشی لن 756 / 757
لنڊمان 487	لوغان 790 / 791
لندي 737	لوفان 43 / 164 / 175 / 189 / 371 / 422
لنسیزي 689	لوفر 178 / 322
لنڊوتن 197	لوفريه 528
لنفرینوس 318	لوفلن 708
لهمان 730	لوقا فالبرو 249
لویل 189 / 191 / 192	لوکا باسیولی (کوکا) 22 / 28 / 29 / 31 / 32 /
لوپیتال 268 / 269	33 / 34 / 35 / 36 / 37 / 46 / 48
لوپاتسيفکي 494	56 / 54 / 49
لوئر 12 / 44 / 81	لوکا دي برغو سبولکرو 31
لوچون دیریکلي 480	لوکا غوریکو 37
لوچنتیل 531	لوکاس وازلرود 69
لودلف فان سولن 233	لوکسي 124
لودوغ 708	لوکاس شرون 185
لودویخ 712	لوکاغي 188 / 194
لودولف 796	لوکرس 220 / 333 / 578
لورین 123 / 185	لوکلرک دي بوفون 624
لورانس فریز 153	لوکات 662
لورانز فری 164	لوکس 484
لورنسو دیاز 179	لومبار 315
لورانزو 185	لومو نوسوف 739
لورانزو بلیفي 413	لونفو موتانوس 91 / 317
لوران دولاهیر 242	لونیسر 183 / 184 / 186
لورد برونکر 255	لونزیوس 263
لورنزو جبرتي 494	

292 / 291 / 277 / 269 / 268 / 267	لونغ دوك 432 / 436
440 / 409 / 306 / 305 / 304 / 295	لويجي ليلو 83
471 / 470 / 469 / 446 / 445 / 444	لويس فيس 96
478 / 476 / 475 / 474 / 473 / 472	لويز كورنيل 96
499 / 489 / 485 / 484 / 482 / 479	لويس لويبرا دافيللا 163
526 / 518 / 513 / 507 / 506 / 504	لويز دوري 164
667 / 645 / 548 / 547 / 545 / 543	لويس دي غريناد 167
734 / 732 / 715 / 712 / 705 / 672	لويز فيلالويو 171
لويزيغ 25 / 28 / 38 / 71 / 87 / 195 / 211	لويس لوفي 172
713 / 694 / 472 / 445 / 438	لويز دي غومارا 179 / 197
ليلوس 39	لويس الرابع 208
ليبودي اباكو 46	لويس الرابع عشر 242 / 307 / 320 / 322
ليبا فيوس 595	767 / 437 / 434 / 417
ليبولت 195	لويز بوجوا 420
ليبر 335	لويس ليمري 437 / 562 / 594 / 641
ليبا فيوس 128	لويس الثالث عشر 437
لينغ 646	لويد 443 / 448
ليولد اوتبروجر 684	لويس الخامس عشر 458 / 720
ليبر كون 695	لويس الكبير 458
لي تشي تساو 751	لويس السادس عشر 477 / 718
ليجاندر 437 / 469 / 470 / 471 / 476	لويس بروغلي 548
489 / 487 / 482 / 481 / 479 / 477	لويس الخامس 710
494 / 493	لويس بورجي 727
لي جوي 757	لويزيانا 774 / 775 / 787
ليدو فيكو فراي 47	لويس بورغ 775
ليد 57 / 58 / 61 / 191 / 195 / 290 / 422	لويس فليو 786
575 / 574 / 560 / 517 / 442 / 438	لويس هانتي 786
646 / 612 / 610 / 582 / 579 / 576	لويس اغاسيز 795
791 / 694 / 685 / 676 / 668	لياج 123 / 249
ليدو غلوي 94	ليبنيز 8 / 23 / 127 / 204 / 209 / 220
ليدي 612	240 / 226 / 224 / 223 / 222 / 221
ليدي مونتغو 686	257 / 256 / 254 / 249 / 245 / 243
ليدر مولر 700	266 / 265 / 264 / 262 / 260 / 258

ليوي جيرونت 100	ليري 783
ليونارد فوز 189	ليستر 443
ليوتود 363 / 263	ليسي 608
ليون برونشفيك 290	ليشونه 57 / 772 / 773 / 784 / 785
ليونغ 346	ليغالوا 669
ليوباتيستا البرتي 494	ليني بن جرسون [البتاني] 21 / 25 / 26
ليونني 639	ليفربول 319
ليوبولد فون بوش 731	ليفاسور 787
ليوسونغ لينغ 754	ليها 777
ليونارد هور 794	ليانكر 164 / 165 / 166
ل . ج . برك 188 / 189 / 192	لييني 190 / 191 / 193 / 423 / 424 / 427
ل . بلوش 347	432 / 433 / 435 / 623 / 624 / 625
ل . بلوكتن 432	626 / 627 / 685 / 698 / 699 / 700
ل . بوردي 717	702 / 705 / 706 / 707 / 708 / 709
ل . بفيستر 753	712 / 713 / 715 / 717 / 719 / 720
ل . جويرت 166	722 / 723 / 732 / 739 / 782 / 786
ل . جتجر مان 195 / 433	790 / 791
ل . ج . جونستون 701	لينكولن شاير 325
ل . جولي 786	لينور 437
ل . راوولف 196	ليونارد دافشي 8 / 12 / 15 / 18 / 19 / 22
ل . روني 671	34 / 35 / 36 / 56 / 64 / 66 / 67
ل . فريش 695 / 702	68 / 94 / 95 / 97 / 98 / 99 / 100
ل . لياعر 653	101 / 104 / 119 / 120 / 121 / 138
ل . ماشيروي 495	145 / 149 / 152 / 160 / 167 / 182
ل . ج . مونييه 576 / 720	184 / 188 / 327 / 335 / 394 / 407
ل . ف . مرسيلي 699 / 700	439 / 494
ل . هيستر 674 / 691 / 712	ليونارد دي بيزا 21 / 27 / 30 / 31 / 32 / 61
	ليون 29 / 31 / 54 / 55 / 164 / 165 / 166
- ه -	178 / 192 / 194 / 195
مايوس 438	ليونارد دغجز 79
ماينوريو تاكو 761	ليونهارد تارنيسر 123
ماتورين كورديير 12	ليونيسيئو 164 / 165
	ليون العاشر 176 / 185

ماتياس كورفن 25	429 / 431 / 632 / 655 / 669 / 670
ماتيو بلاستارس 83	790
ماتيزيوس 128	ماري مال بوا 375
ماتيولي 173 / 787 / 188	مارتان ليستر 396 / 444
مات فافور 378	مارلياتي 407
ماتر لينك 533	ماريا نو سانتو 419
ماتوريشي 749	مارشان 425
ماتورة 767	المارتينيك 434
ماتر 791 / 792	ماريا غاتانا اغنيزي 471
ماجلان 179 / 564	مارولوا 494
ماجوندي 669	مارات [مارا] 543 / 544
ماديرا 197 / 772	مارلي 581
مادو 422	مارغراف 592 / 593 / 594
مارسيل فيسين 14 / 17 / 166 / 173	ماري آن بولز 602
مارك انتونيو دلاوري 67 / 149	ماري فرانسوا زافيه بيشاب 673
مارتيانوس كابل 72	ماران كورودي لاشامبر 688
ماركوس ماسي دي كرونسلاند 101 / 281 /	مارشال 690
335 / 294 / 293	مارتينيشا مينتر 701
مارتان رولان 124	ماركت بوشوز 713
مارغريت دي نافار 124 / 186 / 722	مارتينز 713
ماريود 126 / 173	مارك كاتسي 695 / 720 / 791
مارفيف 164	ماركوس جوزي سلغادو 780
مارتن دل باركو 197	مارتن دي لاكروز 781
ماران مرسين 208 / 210 / 211 / 213 / 214 /	ماري فيكتورين 786
215 / 220 / 252 / 253 / 276 / 277 /	ماري 794 / 795
280 / 281 / 285 / 286 / 295 / 550 /	مارلي لافيل 796
557 / 552	مازاران 209 / 210
ماريوت 288 / 289 / 292 / 294 / 299 /	ماغي 174 / 207 / 211
350 / 408 / 410 / 424 / 425 / 426 /	ماغيلون 175
540 / 561 / 562	ماغنول 430 / 433 / 710
ماريوس 318	ماكو 176
مارسيل مالبيجي 328 / 396 / 398 / 403 /	ماكسيميليان الثاني 191
410 / 424 / 425 / 426 / 427 / 428 /	ماكر 383 / 563 / 592 / 593 / 594 / 605

مركاتي 121	608 / 609
مركاتور 357	ماكسويل 584 / 585
مزوي 172	ماكريد 598
مسكاني 673	مالينز 189
مسين 52	مسالبرنش 204 / 215 / 216 / 219 / 220
مسينو 95	221 / 222 / 223 / 225 / 226 / 292
مهبر 120 / 179 / 196 / 197 / 393 / 417	293 / 337 / 338 / 341 / 349 / 350
722 / 435	352 / 472 / 543 / 547
مفئوس هربنت 153	مالطة 315 / 433 / 434
مكسيميليان 38	مالفوازين 321
مكسيم بلانود 41	مالابار 435
المكسيك 171 / 434 / 771 / 779 / 781	مالغاني 470 / 496
782 / 783	مالوس 547 / 796
مكيكو 179 / 434 / 777 / 778 / 779	مانويل كريزولورا 13
781 / 782	مانتو 47
مكلورين 475 / 476 / 480 / 481 / 490	مانغولي 256
496 / 497	مانزل 436
متفنا 152	ماهودل 737
مندل 706	مايانسي 176
منسرات 165	مايرون 226
منشيوس 756	مايرن 411 / 538
مواقر 478	مايو 595 / 647
مواترل ديلمون 597	المجسطي 21 / 24 / 25 / 37 / 64 / 65 / 66
مويستوي 425 / 470 / 504 / 506 / 507	80
513 / 533 / 534 / 548 / 629 / 630	المحيط الهندي 464
634 / 635 / 707	مديرد 97 / 780 / 782 / 783
موت 518	مدسيس 164 / 207
موتوكي ريو 761	مدغشقر 435 / 722 / 723
مودين 157 / 182	مديكوس 721
موريس دي ناسو 57 / 60 / 114 / 312 / 784	مراكش 406
موريسو 420	مرالدي 552
موريون 431 / 437 / 732	مرسيلا 278 / 685
مورلان 552	مرغيتا فيلوسوفيك 41

ميريل 714	موريس ناسو سيغن 773
ميري لاند 707 / 720	مورياس 774 / 786 / 787
ميزيوم 188	مورتون 794
ميسيني 125 / 471 / 500	موزامبيق 169
ميسون 447	موزارت 461
ميشيل ستيفل 42 / 43 / 44 / 45 / 51 / 53 /	موسي 16
234 / 54 / 55 / 56 / 60	موسكوفيا 178
ميشال ماستلين 78 / 80 / 81 / 89	موسكو 694
ميشال سافو ناروله 123 / 473	موشن بروك 504 / 540 / 585 / 588 / 647
ميشال دومونتاني 124	مونبليه 12 / 148 / 151 / 158 / 164 / 175 /
ميشال سكوت 167	176 / 190 / 191 / 195 / 411 / 415 /
ميشال هر 185 / 185	416 / 431 / 433 / 665 / 670 / 671 /
ميشال سرفت 402	681 / 682 / 687 / 690 / 692 / 694 /
ميشلي 457 / 714	732 / 713
ميشال مانفريد 470	مونيتا كوندما راسبولي 70
ميشال دي لالاند 530 / 535	موندين دي لوزي 148 / 150
ميشال ادانسون 624 / 710 / 722	مونفيل 173
ميشال ماركاتي 447 / 737	مونتيه 173
ميشال سارازين 720 / 786	مونارد 179
ميكل انج 152	مونبليار 791
مي كو تشنغ 755 / 756	مونتي بالندو 192
ميلا نكتون 44 / 81	مونتكلا 246
ميلان 47 / 149	مونت غرهوس 448
ميلانو 48 / 97 / 149 / 652	مونتبا 460
ميلر 790	مونتمور 478
مينيلاوس 26 / 37	مونغوليه 605
مينيري 718	مونييه 606 / 796
ميناس جيراس 773	مونت 721
ميونخ 28 / 189	مونريال 774 / 788
مي ون تن تنغ 755 / 756	مونيير شاراس 413
م . آسفيرينو 394 / 419	ميون 83
م . اقولر 421	ميشل 791
م . ب . اسكولت 439	ميدورج 242

ناتار 124	م . آينوس 587 / 588
ناكان چنكي 761	م . بلاتاريوس 194
نانت 321	م . ج . بورمان 419
نانت شخ 753	م . بولام 436
نانكين 753	م . ج . بريسون 583 / 698 / 699 / 702 / 703
نرتشك 750	م . آ . بلنسي 674
نوسيمحا 766	م . باي 675
نروج 713	م . ي . بلوخ 702
نصير الدين الطوسي 25 / 493	م . ج . جان دي كريف كور 720
نقفور غريغوراس 83	م . روث 147
نقولا دي كوي 8 / 21 / 22 / 23 / 24 / 28 / 35 / 36 / 44 / 45 / 54 / 63 / 64 / 66 / 67 / 68 / 77 / 83 / 85 / 93 / 94 / 95 / 99 / 160 / 217 / 218 / 285 / 407 / 425	م . ريزيليوس 406
نقولا شوكي 28 / 30	م . سيلفاتيوس 194
نقولا كيرونك 12 / 15 / 17 / 19 / 22 / 38 / 64 / 66 / 67 / 68 / 69 / 70 / 71 / 72 / 73 / 74 / 75 / 76 / 77 / 78 / 79 / 80 / 81 / 84 / 85 / 86 / 87 / 88 / 89 / 91 / 94 / 203 / 217 / 272 / 274 / 283 / 307 / 308 / 309 / 311 / 312 / 313 / 315 / 316 / 317 / 459	م . ستوارت 494
نقولا شومبرغ 70	م . ستول 685
نقولا ريموز 89	م . سيسي 782 / 783
نقولا دويريو 148	م . شول 214
نقولا سالاديتانوس 170	م . غيلادينو 197
نقولا هول 170 / 195	م . د . غرميك 403
نقولا مستون 395 / 410	م . ب . فالتي 723
نقولا تولب 395 / 419	م . آ . لومونوستوف 604
نقولا سونترسن 469 / 474	م . مريان 718
نقولا برنولي 470 / 490	م . هوفمان 433
نقولا مونارد 781	

ن -

ناسبولي 52 / 119 / 148 / 158 / 168 / 169	656 / 394
نابليون 477 / 772	ناراسيو سيكوندا 80
ناراسيو سيكوندا 80	ناراسيو 313
نارينون 473	ناخازاكي 760 / 761

نيكاشترا 767	نيكاشترا 767
غزويس 160	غزويس 160
النمسا 192 / 676 / 691 / 712 / 713 / 719	نيكوميد 240 / 248
النمسا السفلى 699	نيكولا مركاتور 256
هيميسا خسرو 395 / 424 / 427 / 428 / 429	نيكولو زوكي 318
831	نيكولا ليميري 376 / 377 / 413
نويرجو 646	نيكير لوفيفر 375 / 378
نوتردام 175	نيكولا بليني 422
نوتردام دي كليرمون 287	نيكر 713
نورديبورخ 21 / 25 / 38 / 39 / 44 / 49 / 65	نيل ستينسين 395 / 442
69 / 70 / 71 / 185 / 195 / 263	نيمس 736
نورمانديا 177 / 774	نيورت 166 / 732
نورو چنچو 762	نيو كروتريوخ 188
نوستاف 81	نيويورك 720 / 791 / 792
نوفاف 79	نيوشاتل 727
نوفاسياتا 101 / 103 / 104	نيوختون غرين 793
نوليه 552 / 574 / 575 / 581 / 637 / 668	ن . اندري 674 / 691
687 / 697	ن . آ . بلوش 703
نوفيديا 722	ن . بورمن 723
نوتز 60	ن . جوليكلرك 718
نوتكين 436	ن . دوشين 712
نوتنغ تشنغ سيوان شو 754	ن . آ . ريشي 434 / 781
نويل دي فاي 151	ن . سريات 716
نيير 59 / 243 / 244 / 254	ن . شيرون 723
نيدهام 639 / 642 / 643	ن . فاتيوتي دولي 473
نيقول اورسم 21 / 27 / 68	ن . كراتز 712
نيقوماك 31	ن . ليونسيو 166
نيقولا ماسا 150	ن . موناردس 197
نيقولا مارشان 433 / 434	ن . موهر 697
نيقولا ديماري 734	ن . هيمور 410
نيكول تارتاليا 15 / 19 / 37 / 43 / 46 / 47	
48 / 49 / 51 / 234	
نيكلس 128	هادلي 536 / 537

هارون 37	هرمان بورهاف 675 / 708 / 720
الهارز 139 / 713 / 729	هرنانديز دي اوفيلواي فالديز 197
هارون الاسكندري 215	هسكاسل 78 / 88
هاريت 234 / 236 / 238 / 255	هسغراز 615
هارتسوكر 401	هفليوس 211 / 316 / 318 / 319 / 321 /
هاريسون 520 / 537	790 / 519
هارلي 686	هفيون 90 / 211
هارغا 758	هلمهو لتر 552
هارفرد 793 / 794	هلويت 593
هاسبورغ 69	همريت 212
هاسل كيت 708	همبرغر 647
هاسيت 499	همس كاسل 90
هالي 318 / 325 / 381 / 469 / 525 / 526 /	همتيك هال 654
527 / 531 / 535 / 558 / 794	هيلي 542
هالر 641 / 646 / 647 / 649 / 650 / 655 /	هنريت 318
660 / 661 / 662 / 663 / 665 / 666 /	هستي 156
669 / 670 / 677 / 678 / 679 / 681 /	الهند 169 / 197 / 393 / 435 / 457 / 593 /
707 / 708 / 791	648 / 697 / 699 / 722 / 723 / 728 /
هالز 646 / 705 / 706 / 707	749 / 765 / 766 / 767 / 768 / 771 /
هال 672 / 694	775
هامبورغ 423 / 562 / 594	الهند الشرقية 169 / 179 / 195 / 197 / 435 /
هاملتون 548	436 / 697 / 723
المانس التوتونية 139	الهند الغربية 179 / 197 / 771 / 777
هانس رودولف مانويل دوتشن 185	هنريك فان هوايت 257 / 258
هانس اسبر 185	هنري بلنجلي 56
هانز ويلز 188	هنري الثاني 124 / 178 / 183
هانوفر 211 / 318 / 445	هنري الثامن 149
هانري فان ديفتر 420	هنري اتيان 164 / 195
هانبيان 683	هنري الثالث 178
هانو كاتيسو 761	هنري الرابع 178 / 436 / 437 / 774
هديوغ 713 / 714	هنري مور 297 / 298
هرمز تريسيميبيت 16	هنري ريتان 321
هرمان غريم 435 / 436 / 505	هنري غيرلاك 375 / 603

هولبورن 195	هنري كافنغيش 169 / 383 / 573 / 583
هولستين 256	584 / 585 / 586 / 587 / 588 / 598
هولندا الجديدة 436 / 697	599 / 605 / 608
هولنبو 488	هنري فوكيه 670 / 681
هولباخ 738	هنريك كالسين 690
هوميروس 165	هنري لويس دوهاصل دومونسو 691 / 702
هويين 36 / 204 / 223 / 225 / 245 / 249	718 / 786 / 788
254 / 255 / 256 / 257 / 258 / 263	هنز سلوان 721
264 / 275 / 276 / 281 / 288 / 292	هنتشو 427
293 / 294 / 295 / 296 / 299 / 304	هنگاريا 24 / 25 / 139 / 168 / 699
305 / 306 / 319 / 320 / 322 / 325	هنكي 783
326 / 328 / 329 / 331 / 334 / 337	هوانغ هو 458
339 / 340 / 341 / 342 / 344 / 350	هوبز 215 / 281 / 296 / 297
352 / 355 / 363 / 365 / 366 / 402	هورتان 127
408 / 441 / 446 / 472 / 490 / 491	هورتن 441 / 725 / 730 / 731
506 / 507 / 508 / 509 / 513 / 518	هورد 249 / 256 / 484
520 / 532 / 537 / 545 / 547 / 551	هوروك 319 / 321
559 / 567 / 569 / 576 / 741 / 790	هوراس بنديكت دي سوسور 713 / 714 / 728
هوي 446 / 739	729 / 735
هياثي كيبي يامون 760	هوسكين 706
هياثي شيهي 762	هوشين ريونسو 761
هيسوقراط [ايبوقراط] 16 / 36 / 41 / 134	هوشي يزي 761
163 / 164 / 165 / 166 / 168	هولناجل 185
هيسيكلس 54	هورفان 658 / 677 / 678 / 714
هيجنس 620	هوكسي 551 / 570
هيد لبرغ 38 / 172 / 422	هوكسن 737
هيراقليد ديون 72	هوكن 775
هيرون 93 / 549 / 566	هولندا 57 / 194 / 207 / 208 / 210 / 227
هيرودوت 120 / 121 / 439	315 / 321 / 327 / 408 / 417 / 418
هيراقلط الايفيزي 332	420 / 422 / 432 / 433 / 437 / 504
هيرون الاسكندري 556	686 / 690 / 695 / 708 / 719 / 720
هيزر 157	723 / 724 / 757
هيسيتاس 72	مولين 184

هيمستوريا ستيريوم 188	والف المنشو متغانتو 755
هيمستر 708	واندسبك 91
هيكيت 650	وحدود 443
هيلنغ 553	ورقبرغ 191 / 308
هيل 718	ورتر 619
هـ . بترفيلد 205	ورجوتين 530
هـ . بنرتون 475	ورنر 52 / 128 / 257 / 725 / 729 / 730
هـ . برنار متر 752 / 757	731 / 739
هـ . جوسدورف 174	ورن 292 / 294 / 299 / 469
هـ . ديتون 474	ورنغ 497
هـ . آ . ويسبرغ 674	وغتر 27
هـ . رويز 782	ولتر رالي 775
هـ . ي . سيجريست 147	ولدرستاد 308
هـ . د . غوب 678	ولستوب 324
هـ . فونيه 736	ولشن 668
هـ . فان ريد دراكتين 435	الولايات المتحدة 464 / 776 / 788
هـ . مونتن 438	وليم جيلبرت 11 / 80 / 192 / 204 / 208
هـ . هانغينوت 689	215 / 216 / 217 / 219 / 225 / 226
	297 / 354 / 355 / 356 / 357 / 358
	359 / 360 / 361 / 362 / 363 / 364
	365 / 366 / 367 / 368 / 455 / 572
	574 / 713 / 718 / 719 / 790
واتون 179	وليم تورن 195
وادي نهر البر 104	وليم هارفي 11 / 157 / 204 / 206 / 209
وادي نهر الرين 139	401 / 402 / 403 / 409 / 410 / 440
وادي نهر الدانوب 139	646 / 653 / 790
وادي نهر الموز 139	وليم هرشل 326 / 538 / 541
وارمي 71 / 69	وليم بارلو 353
وارسو [وارمي] 513 / 211	وليم بورر 357
واليس 252 / 253 / 256 / 258 / 264 / 292	وليم واطسون 576 / 578 / 581
294 / 299 / 405 / 406 / 416 / 485	وليم لويس 593
549 / 656 / 657 / 663 / 664 / 665	وليم شيلي 600 / 601
667 / 798	وليم كولن 679
والاس 487	

- 9 -

و . سوارتز 713
و . شيلدن 674 / 673
و . غوته 543 / 544 / 545 / 714
و . فون غوردك 86 / 540 / 556 / 578
و . فونتالباني 438
و . فريسيوس 700
و . ف . مولر 642 / 699 / 700 / 701
و . نيل 258
و . نوبل 549
و . هوو 433
و . هلسون 713
و . هوستن 720
و . ويشان 565
و . وايستون 731

- اي -

الهابان 417 / 435 / 436 / 749 / 757 / 758 /
760 / 761 / 762 / 763
ياداياسومي 758
يادو 760
يال 793 / 794
يسوعيون 777
يعقوب كرمونا 37
ينا 438 / 713
ينغ تشو 757
يواكيم كاميراويس 195
يوحنا الثالث والعشرين 83
يوسي كيان 756
يوفون كالب 441
يوليوس قيصر 82
اليونان 196 / 435 / 686 / 722
يونغ 539 / 547

وليم هنتر 690 / 691
وليم ويندونغ 693
وليم سميت 731 / 794
وليم داميه 784
وليم رود 789
وليم بن 790
وليم 794 / 795
ونتر 609
ونغ مي شان 754
ونغ نداكو 789
ويتبرغ 38 / 71 / 196 / 316 / 713 / 723
ويتلو 43 / 234 / 254
ويدد 437
ويرستراس 481
ويستون 503
ويسترومب 609
ويشل 164
ويغلب 609
ويليالد بيرك هافر 25 / 38
ويلبرورد سنيل 61 / 234 / 330
ويللوفي 393 / 394
ويل هلم فابري 419
ويلكي 565
ويلنا 694
ويلسن 695 / 796
ويلز 732
وينسلو 641 / 663
و . ايتون 719
و . بيزو 435
و . جونس 486 / 487
و . داتير 436
و . ت . ستيرن 188
و . سمي 692

ي . غنتر 26
 ي . غينوت 629
 ي . و . فون تشيرخوس 472
 ي . ج . فون كليست 575
 ي . فون بورن 739
 ي . كاميفر 435
 ي . وورنغ 489

ي . اولافسن 697
 ي . اشاريوس 714
 ي . بورتولوتي 50
 ي . بوير 369 / 366 / 358
 ي . ف . جيوغروا 719
 ي . دائي 494

فهرست بالرسميات والجداول

رقم الصورة	الصفحة
صورة 1 - مصور لقطع اهليلجي لخروط دائري من وضع دورر	40
صورة 2 - اشارات الجبر الكوسي سنڊاً لجيررد دولف: ثابتة ثم المتقلبات التسعة الأولى للمجهول	42
صورة 3 - القسم النموذجي من العالم عن ارسطو	65
صورة 4 - الكون الوسيطى : وصف الدوائر الساوية بحسب بطليموس . أ. فينه نظريات الساعات	73
صورة 5 - الكون عند كوبر نيك	74
صورة 6 - كون تيكونبراهي (سنڊاً لفون فوريك التجربة الجديدة)	86
صورة 7 - رسمية ثلاثية لمسار القذائف	102
صورة 8 - السقوط المتواقت لأوزان متجانسة سنڊاً لبلنديتي	109
صورة 9 - تبين شروط التوازن في ميزان متساوي الذراعين وضعة ستيفن	111
صورة 10 - السطح المائل عند ستيفن	112
صورة 11 - شروط توازن جسم مركّز على سطح مائل سنڊاً لستيفن	112
صورة 12 - دراسة الأوعية المتصلة على يد بلنديتي	113
صورة 13 - تحديد ستيفن للضغط الذي يمارسه سائل معين على قاع الوعاء	114
صورة 14 - تشابه شكل أوراق نبتة البوتريكيوم لونايا مع شكل الهلال	198
صورة 15 - بناء المماس بقلم فرمات	246
صورة 16 - بناء العمود على نقطة التماس بقلم ديكرات	246
صورة 17 - مسألة حول المماسات درسها فرمات	249
صورة 18 - تربيح روبر فال	253
صورة 19 - صورة القاعدة II من مبادئ نيوتن	260
صورة 20 - صورة القاعدة IV من المبادئ	261

رقم الصورة

الصفحة

صورة 21 - صورة القاعدة VII من المبادئ	261
صورة 22 - صورة التعريف 2 لتحليل الأعداد اللامتناهية الصغر	266
صورة 23 - تبين قانون المساحات من قبل كبلر	310
صورة 24 - الانعكاس والانكسار على رقاصة	339
صورة 25 - تفسير ممكن لنظرية المرباض لنيوتن	343
صورة 26 - انحراف بواسطة محيط	344
صورة 27 - انحراف بواسطة مؤشر	344
صورة 28 - انحراف بواسطة شق	344
صورة 29 - تكون الأسود والأبيض بحسب نظرية افلاطون	347
صورة 30 - تأثير الكتل الكبيرة على اتجاه البوصلة	361
صورة 31 - الشيع المغناطيسي وخطط تفسيري للمغناطيسية الأرضية	364
صورة 32 - آلة أوتو غريك الكهربائية	369
صورة 33 - بنية الأرض بحسب ديكارت	442
صورة 34 - جهاز تجريبي لبيان إمكانية الاكرمة	542
صورة 35 - انحراف وتفكك الضوء بجوار جسم كثيف	544
صورة 36 - التشتت بحسب رأي نيوتن والانحراف ثم الانكسار بحسب رأي مارا	544
صورة 37 - نموذجان لميزان حرارة وضعتها أكاديمية سيمنتو نحو سنة 1660	557
صورة 38 - بصمات النباتات المتحجرة	727
صورة 39 - خطوط التحام الامونيات	728
صورة 40 - العدد 278 90 على الصور بان	759

فهرست

الموضوع	الصفحة
المقدمة	7
القسم الأول : النهضة	
علوم عصر النهضة	11
الارث الوسيطى - من العقلانية إلى الفردانية -	11
عزلة العالم - علم اجمالي شامل	11
الكتاب الأول : العلوم الحقة أو المحضة	
الفصل الأول : الرياضيات	21
I - نظرة الدراسات الرياضية	21
نقولا دي كوي وتأثيره - التجديد عند بورباخ - مقدمات وجيرومونتانيوس - الكتب الأولى - مثلث شوكيه - مؤلفات باسبولي - ليونارد والرياضيات -	
II - القرن السادس عشر : من الجبر البينائي إلى الجبر الموجز	36
1 - المدرسة الألمانية واصلاح الترقيمات	39
العمل الهندسي وعلم المثلثات عند جون ووتر - دور والرياضيات - لامرغرنا فيلوسوفيا - كتب الحساب وتطور الرموز الترقيمية - كريستوف رودولف - مؤلفات شيفل -	
2 - المدرسة الايطالية وتجديد الجبر	46
الكتب - الانتاج الجبري في المدرسة الايطالية - الاكتشافات الأولى - تدخل كاردان - الفن الاسمي - المنشورات الأخيرة عند تارتاغليا وكاردان - بيوميلي وجيره - موروليكيو - بنشني الرياضي - ترجمات كوماتلينو - كلافيوس والتفليم -	

- 3 ما قلعتهم المدارس الأخرى
الانتاج الرياضي الفرنسي - راموس والرياضيات - بدايات المدرسة الانجليزية - أحيال نونز - سيمون ستيفن - المنشورات الأولى - الكسور العشرية - توحيد فكرة العمل - الأحيال الجبرية عند ستيفن - آخر منشورات ستيفن - .
- 63 الفصل الثاني : الثورة الكوبرنيكية
- 63 I - علم الفلك عند الإنستاتين (علم الهيئة)
علم الكونيات عند كوي - بورياخ ورجيو مونتاتوس - ليونارد وعلم الفلك - نظام الكرات الدائرة حول ذاتها عند فراكا ستورو وأميسي - مبحث كالكانيي - .
- 68 II - كوبرنيك
حياة كوبرنيك - وضع كتاب الثورة - حذر كوبرنيك ونجده - مقلمة اوسيندر - أسس النظرية الجديدة . تبسيط الأوالات الكواكبية - تنظيم الحركات الكواكبية - جود الكرة السهوية - دوران الأرض - أهمية الحركة الدائرية المنسجمة - مركز الشمس ودورها - كون كوبرنيك .
- 78 III - انتشار أفكار كوبرنيك
ألمانيا والبلدان المنخفضة وإيطاليا - إنكلترا - فرنسا - بدء الانتشار - العقبات الرئيسية - إصلاح التقويم - العالم اللاتيني عند برونو - .
- 85 IV - تيكوبراهي
معارضة تيكوبراهي - الأهمية التاريخية لنظامه - الأرصاد الأولى عنده ، تصحيح الجداول - كوكب النوافا وملنب سنة 1577 - مرصد اورانيبورغ - قيمة مرصد تيكوبراهي - الغضب عليه وإبعاده ثم أعماله الأخيرة - .
- 93 الفصل الثالث : الفيزياء
- 93 I - الفيزياء في القرن الخامس عشر
1 - نفولا دي كوي
أفكاره وتأثيره على الحركة - ادخال المقاييس في الفيزياء
- 95 2 - تراث باريس واوكسفورد
الحركة المنسجمة والتغير والفكر الوسيط - المسألة الفيزيائية في حركة القذائف .
- 97 3 - ليونارد دافنشي
من التقنية إلى العلم - الستاتيك والآلات البسيطة - ديناميك ليونارد والحركة المتتوية - تسارع سقوط الأجسام ومقولة الفراء - الصلصة ، الفعل وردات الفعل .
- 101 II - فيزياء القرن السادس عشر
1 - تارتغليا
العلم الجديد - تصحيحات مهمة
- 104 2 - التفريعات حول فكرة الدفع
كاردان - بيكولوميني - سكاليجر - بالدي - أحجية سوتو

- 3 - بحثاً عن فلسفة رياضية للطبيعة : بينيقي 106
جان باتيست بينيقي - المحاولة الأولى - نهاية الاحلال - بينيقي وانتقاد أرسطو .
- 4 - أرخيليس جليلد : سيمون ستيفن 110
فصل الستاتيك عن الدينيليك - ستاتيك ستيفن ، نظرية المخلط - السطح المائل - ايدروستاتيك - بينيقي - علامة من علامات الوقت .

الكتاب الثاني : علوم الطبيعة

- الفصل الأول : العلوم المتعلقة بالأرض 117
بنية الأرض - تصاريح الأرض وأسبابها - مسألة المتحجرات - الشياييع والمياه الجارية - علم المصادن - التفتيات للمنجمية والزراعية -
- الفصل الثاني : الكيمياء 129
I - التطبيق والنظرية الموروثان عن القرون الوسطى 129
اكتساب المعارف عن طريق الممارسة والتطبيق - نقل للمارف - تدخل الخيمياءيين - المذهبون والصناعة - كيمياء التذهيب - تقنيات المزخرفين - الملونات شبه المعدنية والملونات النباتية - الأجسام النيلية في الكيمياء : للمعادن - كيمياء الأملاح - لاكتشاف الآسيد - مفهوم الروح - النزعة إلى الوحدة العقائدية -
- II - نهضة الاكتشاف الكيميائي 138
تكاثر وانتشار الكتب الكيميائية - العوامل التقنية والتجارية في تقدم الكيمياء - تأثير التعدين - شخصية باراسلس وتعليمه - الاكتشالية الطبيعية في المعادن - مفهوم المبدأ ، النظرية العلمية - الجواهر - تأثير باراسلس - بيسيل فالانتين - دروس عملية ، باليبي -
- الفصل الثالث : دراسة الجسم البشري 147
I - التشريح 147
الثورة التشريحية - التشريح التعليمي ومسألة التراث الغالياني - ليونارد دافنتي وفهيد - التيار الطبيعي للغالي في إيطاليا - المدرسة التشريحية في باريس - علم الأيقنة التشريحي - فيزال - خلفاء فيزال -
- II - الفيزيولوجيا 158
الفيزيولوجيا عند فرنل - العقيدة القديمة والإنحياز الجديد .
- الفصل الرابع : فن الشفاء 163
I - تطور عقلي وانتشار تعليمي 163
الأصول الميتافيزيقية للمعرض - الارث الغالياني اليهودي العربي وحركة الأئسنه - بقاء التنجيمية أو الإيمان بالعلوم الخفية -
- II - الملاماتية (السيميائية) وهلم تصنيف الأمراض (فوژولوجي) 168
الفحص العيادي - تشكيل كينونات مرضية
- III - الصحة والعلاج أو التطبيق 169

الموضوع الصفحة

174	IV - المؤسسات ، الوسط ، ورجال الفن الصحة - الأدوية - الفن الجراحي .
177	الفصل الخامس : الزوولوجيا أو علم الحيوان الطبيب في الترتيب الإجتماعي - البيئة الإجتماعية والآداب .
177	I - الاستلهامات المادية لعلم الحيوان التجربة المنظمة والتقدم في علم الحيوان
178	II - مكتسبات جديدة وإحصاء عالم الأحياء اكتشاف العالم ورواياته - للمجعية التقنية والمنهجية - الأساليب التجريبية في التصنيف - المرحلة النهائية : وصف الأعراف والمفهوم الخاص الذاتي
183	III - علم الحيوان المصور الوسائل والفنون - القيمة للتفاوت للرسوم -
184	الفصل السادس : علم النبات التصنيف ثم جرد النباتات والمفروسات - بنية النباتات ووظائفها - النبات الطبي - الجنائن النباتية وعلم الزراعة - أوائل النباتين المسافرين -
187	مراجع حول القسم الأول
199	القسم الثاني : القرن السابع عشر
205	الثورة العلمية في القرن السابع عشر
206	I - الحياة العلمية النثل الإيطالي - الفلاتندر والبلدان المنخفضة - انكلترا - فرنسا - أوروبا الوسطى - من المجموعات الخاصة في الفيزياء إلى المختبر -
212	II - الطبيعة كتبت بلغة الرياضيات أفضلية الرياضيات وأسسيتها - الفيزيائية الجديدة -
213	III - إعادة النظر في مفهوم العلم مفهوم الظاهرة أو الحدث - عالم من غط جديد - الفكر الميكانيكي - تغير القيم - إصلاح الأهمية -
217	IV - من الكون الكامل الأزلي إلى الكون المتحرك العالم نظام قوي - توحيد الفيزياء السماوية والفيزياء الأرضية - السقوط أو الجلب - العالم له تاريخ -
219	V - ما وراء الإدراك الملاحظات الدقيقة والحرس على الأجزاء العشرية - عالم الميكروسكوب -

- 282 VI - ميكانيسم وديناميسم أو الآلية والحركة
الجيويمترية الديكارية المسرفة - سكان الفضاء - لبييتز والعودة إلى فكرة القوة - الدينامية عند نيوتن -
مالبرتش - من جيلبرت إلى نيوتن - .

الكتاب الأول : العلوم الرياضية والفيزيائية

- 231 الفصل الأول : من الجبر الرمزي إلى الحساب اللاتماهي
231 I - تجديد العلوم الجبرية
علم المثلثات - الجبر الحرفي - نظرية المعادلات الجبرية - إنشاء الجيويمترية التحليلية .
240 II - تقدم متنوع
التحليل الديوفانتي - فرمات ونظرية الأعداد - ديزاوغ والجيويمترية الاسقاطية - نير واللوغاريتمية - التحليل
التوافقي والإختلالات -
245 III - وضع الحساب الانمائي
فرمات : المبادئ الأساسية والمهامات - غير القابلات للقسمة - أهم النتائج الرئيسية - تربيعات روبرفال -
المسألة المماثلة للمماسات - جون واليس - السلاسل المتلاحقة - هويجن - الرويت - المتطورة والمطورة -
نيوتن - لبييتز - .
271 الفصل الثاني : ولادة علم جديد : الميكانيك
271 I - غاليليه وتأثيره
سقوط الأجسام - حركة المقذوفات - تارجح الرقاص - مقاومة المواد والهيدروستاتيك - عمل توريشيلي -
الأب مارين مرسيني - غاسنلي - .
278 II - ديكارت
ديكارت وبيكين - الميكانيك الديكارتي - نظام الكون عند ديكارت - .
285 III - باسكال واستاتية السوائل
نقل الهواء والخوف من الفراغ - التجربة الكبرى - البارومتر والآلة الهوائية الماصة ، قابلية الهواء للضغط -
الهيدروستاتيك وطريقة باسكال - .
290 VI - المدرسة الديكارية
روهولت - مالبرتش - .
293 V - هويجن
قوانين الصدمة وإنتفاذ ديكارت - في البحث عن مبدأ حفظي - نظرية الرقاص - نسبية الحركة بين غاليليه
ونيوتن .
296 VI - المدرسة الإنجليزية بين ديكارت ونيوتن
296

الموضوع _____ الصفحة

298	VII - نيوتن
	الميكانيك ونظام الكون عند نيوتن - الفلسفة العلمية لنيوتن - نيوتن ضد ديكارت - استقبال نيوتن في الغارة الأوروبية .
305	VIII - لينتيز
	حصيلة القرن السابع عشر .
307	الفصل الثالث : العصر الذهبي لعلم الفلك القائم على الملاحظة
307	I - ثورة مطلع القرن
-	خلفاء تيكورامي - كبلر - غاليليه - غنى العمل الفلكي عند غاليليه - نهاية المتأخرين لكوبرنيك - *
317	II - إزدهار علم الفلك الرصدي
	المواة - هويجن - المرصد الكبير .
323	III - الإنجازات الفلكية التي حققها نيوتن
	من المنظار إلى المرصد .
327	الفصل الرابع : ولادة البصريات
327	I - التقنيات التجريبية والنتائج الحاصلة
	الأدوات البصرية في بداية القرن السابع عشر - تقدم التقنيات الآلاتية - المعطيات التجريبية في أواخر القرن السادس عشر - التقدم المحقق في التقنيات التجريبية وفي تفسير النتائج الحاصلة .
331	II - نظريات حول طبيعة الضوء
	الأثر النظري الذي جمع به خلال القرن السابع عشر - طبيعة الضوء والنظريات الجسيمية - آراء حول طبيعة الضوء في مطلع القرن - النظريات التي سبقت ديكارت - علم البصريات عند ديكارت - النظرية الأرتجاجة عند مالبرنش - ظاهرات الانكسار ونظريات الأثير المرعجف - البصريات النيوتونية وتشتت الضوء - التداخل ونظرية الوصول - الانكسار أو الانتواء - الانكسار المزدوج - النظرية الجسيمية ووجود الأثير .
347	III - نظريات الألوان
	نظريات الألوان في أواخر القرن 16 - الآراء السابقة على ديكارت حول طبيعة الألوان - النظريات الديكارتية - انتاج نيوتن .
353	الفصل الخامس : المغناطيسية والكهرياء
355	I - إنجاز القرن 17 في المغناطيسية
356	1 - تعداد خصائص المغناطيس
	ما قدمته القرون الوسطى - ما قدمه عصر النهضة - ما قدمه القرن 17 .
359	2 - نظريات المغناطيسية
	وليم جيلبرت - بيار ماريكور - كابو وكبلر - ديكارت ، بويل ، وهويجن .
366	3 - فشل القرن 17 في إدخال القياس في للمغناطيسية

الموضوع الصفحة

368	II - ما قدمه القرن 17 في مجال الكهرباء
371	الفصل السادس : كيمياء المبادئ
371	I - بحثاً عن مبدأ كوني
	فان هلمونت والتجريب - الماء مبدأ مادي - الأكاهست - الغاز - كيمياء الأملاح - النيتروجين - التضاد بين الحامض والقوي - كتب الكيمياء - توحيد التسميات أو الجدول - تعريف السيدات - مفاهيم روبرت بويل .
380	II - نظرية الفلوجستيك أو السائل الناري
	التكوين الجسمي للمادة - ظهور السائل الناري - تكوين وعمل الأكاسيد المعدنية - نجلع السائل الناري وأسبابه - شموليته ..

الكتاب الثاني : علوم الطبيعة

387	الفصل الأول : علم الحيوان (زولوجيا)
387	I - المعارف الزولوجية
	موسوعة الدرواندي - مسرح الحشرات - التاريخ الطبيعي - عمل ري وويلولي - .
394	II - التشريع الحيواني
	التشريع الميكروسكوبي .
399	الفصل الثاني : علم وظائف الأعضاء الحيوانية
	النقاش حول القدرات الانبثاقية - التوالد المعفوي والانجاب - اكتشاف الدورات الثلاث - الحيوان الآلة - التمييز بين الحياة والفكر في الحياة - .
409	الفصل الثالث : الطب
409	I - التشريع البشري
411	II - الأنظمة الكبرى
	الطب الكيميائي - الطب الميكانيكي .
414	III - الاستطباب الطبي أو المداواة الطبية
	التشريع الباثولوجي د الأبقراطية الجديدة - مجموعات الملاحظات أو أوصاف الأمراض - علم الأمراض الروائية - الصحة والطبابة الجماعية - الطب الأنجيني الخارجي - الطب الشرعي .
418	IV - الجراحة
	الجراحة العامة - علم القبالة أو فن التوليد .
420	V - علم الصيدلة وعلم المداواة أو فن الشفاء
	تقنيات جديدتان .
422	VI - الحياة الطبيعية
423	الفصل الرابع : علم النبات

الموضوع الصفحة

	الفيزيولوجية النباتية - بنية النباتات - كيمياء بروتين الشقة النباتية - التصنيف - النباتات - نبات بلاد ما وراء البحار - الزراعة والبستنة - تطبيق علم النبات على الطب - البساتين الزراعية .
439	الفصل الخامس : ولادة الجيولوجيا التركيب الديكارتي - عمل ستينون - المدرسة الانجليزية - المدرسة الألمانية - علماء التعدين - المجموعات الجيولوجية الكبرى -
452	مراجع القسم الثاني
	القسم الثالث : القرن الثامن عشر
457	قرن الفضول حدود القرن - مصادر الذوق - أصول العلم - الآداب والعلم - العلم والمجتمع - التربة العلمية - تحديث العصر - عصر أوروبا - .
	الكتاب الأول : العلوم النظرية
469	الفصل الأول : ازدهار التحليل وتجديد الهندسة
471	I - تطور التحليل اللامتناهي الصغر
471	1 - التلامذة المباشرون عند كينيدي وتيوتن بدايات الحساب الجديد فوق القارة الأوروبية - المصاحب الأولى - النزاع حول الأفضلية - جهود المحللين الإنجليز - .
476	2 - توسع التحليل وتطبيقاته الصناع الجديد - المعادلات التفاضلية - المعادلات ذات المشتقات الجزئية - إنشاء حساب التغيرات - المفهوم العام للدلالات - دليل ونظرية الحدود - نظرية الدالات عند لاغرانج - بعض المسائل الجديدة
482	II - تقدم المجالات الجبرية
482	1 - نظرية المعادلات المحسنة أو الحواسم - معدلات ذات درجة أصل من 4 - امتيازات مختلفة - الحل العدي للمعادلات - .
485	2 - الأعداد المقيدة وتطبيقاتها طبيعة الأعداد المقيدة - الأعداد المقيدة والترينوموتريا الجديدة - .
487	3 - الحسابات غير المحددة دراسة السلاسل - الحاصلات اللانهائية والكمور المستمرة أو المتتالية - .
489	4 - نظرية الأعداد
489	5 - الاحتمالات والاحصاءات حساب الاحتمالات - بعض التطبيقات - عمل لابلاس -

الموضوع الصفحة

492	III - تجديد الدراسات الجيومترية
493	1 - الجيومتريا الكلاسيكية
	تطور الكتب المدرسية - الفصل الانتقادي لبسبة المتوازيات البعد والرسم المنظوري - نهضة الجيومتريا الوصفية - إنجازات متنوعة .
497	2 - الجيومتريا التحليلية
	نظرية المنحنيات السطحية - بدايات الجيومترية التحليلية الفضائية - نشوء الجيومتريا التحليلية العصرية .
499	3 - تطبيق التحليل على الجيومتريا
	البحوث الأولى - مونتج وتجديد الجيومتريا اللامتناهية .
503	الفصل الثاني : تنظيم الميكانيك الكلاسيكي
503	I - انتشار التوتوتية
	ردة فعل أنصار نيوتن - بروز التوتوتية فوق القارة .
505	II - الميكانيك العقلاني
	أولر وميكانيك النقطة - مبدأ دالمبير - مبدأ الفعل الأقل - أوبار وميكانيك الجسم الجامد - بوسكوفيتش والفعل من بعيد .
508	III - ميكانيك الموائع
	علم السوائل الثابتة عند كليرو - تحريك الموائع عند برنولي - دالمبير وحركة الموائع - تحريك الموائع عند أولر .
510	IV - مقاومة المادة والمعطيات التجريبية
	قوانين كولومب حول الاحتكاك - بوردا ومقاومة السوائل - ميكانيك كارنو ومفهوم الاتصال .
512	V - الميكانيك التحليلي عند لافرانج
517	الفصل الثالث : معرفة النظام الشمسي
518	I - النجاح المؤجل لقانون الجاذبية الكونية
519	II - معدات علم الفلك الموقمي
	التلسكوبات - رصد المرتفعات - رصد المرور العابر - أدوات خط الهجرة - الشبهيات المركبة .
521	III - اتجاهات الكواكب الظاهرة واتجاهاتها الوسطى
522	اكتشاف الزيدان - تمثيل محور الأرض - الانكسار الفلكي
524	IV - الحركات في النظام الشمسي
	المنذبات - تجديد المدارات - جداول القمر - التنازع الزمني للقمر - مشكلة عدد الأجسام - استقرارية النظام الشمسي وأصله .
529	V - أحجام النظام الشمسي
	مهمة كابان - عملية 1751 - مرور الزهرة .

الموضوع الصفحة

531	VI - شكل الأرض النظريات الأولى - القياسات الجيوديزية - خط طول باريس - درجة البيرو ودرجة لابوي - خارطة فرنسا -
534	VII - كاتالوغ النجوم كاتالوغات الدقة - اجسادات النجوم
536	VIII - علم الفلك الملاحي المسكتان - الكرونومترا - رصدات القمر -
539	الكتاب الثاني : العلوم الفيزيائية
541	الفصل الأول : ذبوع علم البصريات النيوتني بناء آلات البصريات وتقدم التقنيات في القرن 18 - أكزمة من الشبقيات - الاكتشافات التجريبية - تأثير النظرية النيوتنية في الدوائر الفلسفية - خصوم البصريات النيوتنية والمتشققان مارات وغوته - النظريات النيوتنية في الأوساط العلمية المتخصصة - التلامذة - المكمولون لبصرياتي قائمة على الذبذبات لأولر - مبدأ الاقتصاد الطبيعي -
549	الفصل الثاني : السمعيات من القرن 16 إلى القرن 18 الأوتار المتذبذبة - الموجات الصوتية - الصوت البشري -
555	الفصل الثالث : الحرارة في القرن 16 حتى القرن 18 I - بدايات القياسات الحرارية
556	الروايد الحرارية على الهواء - موازين الحرارة الأولى ذات الوسائل - تقدم علم قياس الحرارة في القرن 18 - تجريد الترمومتر الغازي وبدايات مفهوم الحرارة المطلقة - دراسة الخصائص التمددية في الغازات -
561	II - نظريات الحرارة من مادة النار إلى السرية - رومفورد - انتاج السخونة بواسطة الحرك وحفظ الطاقة - مسألة الحرارة المشعة - فكرة كمية السخونة وبدايات قياس السرية - التوصيلية الحرارية -
569	الفصل الرابع : الكهرباء والمغناطيسية في القرن 18 I - غري ودولي اكتشاف توصيل الكهرباء - الكهرباء بواسطة التأثير - اكتشاف النوعين من الكهرباء - الأبحاث اللاحقة - التلامذ -
574	II - الآلات الكهربائية وزجاجة ليد استكمال الآلات الكهربائية - اكتشاف زجاجة ليد - الاكتشافات التجريبية الجديدة - النظريات المختلفة -
577	III - عمل بنتامين فرانكلين أعمال واطسون - فرانكلين : حفظ الكهرباء ، الأجسام المكهربة إيجاباً وسلباً - الشاري (باراد تونبر) - معاصر وفرانكلين وخلفاءه -
582	IV - قياس القوى الكهربائية والمغناطيسية وقانون فملها

ما قلعه برستي - جون ميشال - عمل كلندينش - أغوستين كولومب .

- 591 الفصل الخامس : نشأة الكيمياء الحديثة
- 591 I - كيمياء الغازات
- 591 II - كيمياء الغازات
- 591 1 - تقدم المعارف العامة
- 591 مهنة الكيميائي - معرفة المركبات القلوية والقلوية الترابية - اكتشاف معادن جديدة - الأسيد بوريك والفوسفور -
- 594 2 - اكتشاف الغازات
- 594 تزايد أوزان المعادن المتكلسة - نظريات بويل وهوك ومايو - استخدام الغازات ؛ مايو وهال - هل أعاق السائل الناري اكتشاف الغازات - الهواء الثابت - الهواء القابل للاشتعال - اكتشافات برستي - الأفعال الأولى التي قام بها لافوازييه - حكاية الأوكسجين - أفعال شيلي حول الهواء - تاويل خصائص الأوكسجين -
- 602 3 - محاولات النظام الكيميائي
- 602 انطوان لوران لافوازييه - التجريبي - تكوين الأسيدات ونظرية الغازات - طبيعة الماء - الجدول الكيميائي الحديث -
- 607 4 - مقاومة نظرية لافوازييه
- 607 السائل الناري والجاذبية الأرضية - حملة لافوازييه ضد السائل الناري - المقاومة في فرنسا وفي ألمانيا -
- 610 II - البحوث حول المؤلفات ، وجلبور النظرية الذرية
- 610 1 - جداول المؤلفات
- 610 المؤلفات والفيزياء النيوتنية عند جيوفروا - كتاب المستروس - تقدم فكرة المؤلفات - الرياضيون وبوفون - برغيان -
- 615 2 - من المؤلفات إلى النظرية الذرية
- 615 الانحراف في البحوث حول المؤلفات - قوة الأسيدات - القوانين الأولى في القياسية - اكتشافات نهاية القرن 18 - نحو نظرية دالتون -

الكتاب الثالث : علوم الطبيعة

- 623 الفصل الأول : المسائل الكبرى في البيولوجيا
- 623 I - تصنيف ووصف العالم الحي
- 623 السابقون - عمل ليني - بوفون خصم ليني - بوفون ووصف العالم الحيواني - الفلسفة الحيوانية عند بوفون - عمل دويستون -
- 626 II - مسألة تكوين الأنواع
- 626 سيادة النيوتنية - الاستثناءات - ظهور تحولية جزئية - التغيرات المحدودة عند بوفون - التحولية التكاملية عند موبرتوي - تلاعب التحويلية التأملية - زونوميا اراسموس داروين -

632	III - مسألة التوالد أرث القرن 17 - اكتشاف الطليح الذاتي - سبق التشكل عند بوني - الجزئيات المنوية عند موريرتوي - بوفون ونظرية الخلايا العنصرية - وولف ويداية علم النطف الوصفي - سيالانزاي والدراسة التجريبية حول التخصيب .
638	IV - التجلد الحيواني تجارب ترصلي - التفاضل حول التجلد الحيواني .
640	V - نشأة المسوخ VI - الخلق المفاجيء مسألة الحيونات - أنصار الخلق المفاجيء - أهواء الفجائية - تجربة نيدهام وانتقاد من قبل سيالانزاي
641	الفصل الثاني : الفيزيولوجيا الحيوانية I - التنفس الأعمال الأولى - اكتشافات لافوازييه - مقام الحرارة الحيوانية ، أعمال سيالانزاي .
645	II - الهضم النظريات المختلفة - تجارب رومور - ما قلعه سيالانزاي .
647	III - الدورة الدموية القياسات الأولى - تولزن الدم في الأوردة - للمكلون أو التابمون - .
650	IV - التقلص العضلي نظريات القرن 17 - تأثير العلم الفيزيقي - نظريات بورهاف وهوفمان - أحيائية ستاهل ومنشورها - هالر ونظرية اللانارة - البحوث اللاحقة حول التقلص العضلي -
653	V - وظائف العضب والجهاز العصبي التضمرات المختلفة للحركة الأوتوماتيكية - تحديد مكان الحس المشترك وتشكل فكرة الحركة الانعكاسية - روبير ويت - تصوره لوظائف الحبل الشوكي - انتقاد أوتزر - تركيب بروشاسكا - ولادة الفيزيولوجيا الكهربائية - .
655	VI - الغدد وإفرازاتها VII - نظرة إجمالية حول فيزيولوجية القرن الثامن عشر الفصل الثالث : الطب I - ما قلعه التشريح التشريح الماكروسكوبي (التوضيحي) والمجهري - التشريح المرضي .
659	II - الأنظمة الطبية نظام بورهاف - أسلوب هوفمان أو نظامه - الإنثارة والمقائد التي تنبثق عنها - الأحيائية - الحيوية - علاج الداء بالدواء - .
671	III - تقدم الطب العملي الطب الأبقراطي - علم دلالات الاعراض - التعليم العملي - الباثولوجيا وعلم الأوبئة - الألقاح والفاكسين أو
673	
675	
684	

الموضوع الصفحة

	التلفح بجذري البقر - بدايات الطبابة الكهربائية - الحركة السميكية - البتولوجيا الأجنبية - الطب النفساني ألمصبي - علم الصحة - الطب الشرعي .
689	IV - الجراحة الجراحة العامة - التخصصات - فن التوليد .
693	V - الصيدلانية
694	VI - الحركة الطبية
695	الفصل الرابع : الزولوجيا أو علم الحيوان
695	I - وسائل الدروس تقنيات المراقبة - المجموعات وصالات التاريخ الطبيعي - رحلات علماء الطبيعة .
697	II - المفاهيم الجديدة في علم الحيوان المبجبة أو التنظيم - الجغرافيا الزولوجية - .
699	III - جدولة الحيوانات
	التاريخ الطبيعي ، يوفون - كوتري (مجوفات البطن) - الدود - الدورات والمكورات - الحزازيات وعصديات الأرجل - الرخويات - الحشرات - الفقريات - الإنسان - .
705	الفصل الخامس : علم النبات
707	I - علم المنجبية ليني والتصنيف المعائد إليه - جوسيب وأدانسون والتصنيف الطبيعي - أعمال أخرى - النباتات - علم اللازمريت - .
714	II - أناتوميا وفيزيولوجيا النباتات التشريح النباتي - الأعمال الأولى حول الاختصاص - هالس - تبادل الغازات - حركات النباتات - الكتب العامة .
718	III - علم النبات التطبيقي أغروتوميا - علم النبات الطبي - البساتين النباتية - .
720	VI - النباتات الجليظة هل أوروبا الاكتشافات النباتية - البعثات الكبرى .
725	الفصل السادس : علوم الأرض
725	I - الجيولوجيا المدرسة الإيطالية - المدرسة الألمانية - ورنر والنتونية - المدرسة البريطانية - هرتون والبلوتونية - عمل يوفون - دولوميو - جيرو - سولافي - .
737	II - ما قبل التاريخ الانتوغرافيا المقارنة - عصر الحبالقة - .

738	III - علم أشياء المعادن
	جوست هاري - دراسة أشياء المعادن بالميكروسكوب
742	مراجع القسم الثالث
	القسم الرابع : العلوم خارج أوروبا
749	الفصل الأول : العلوم في الشرق الأقصى من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر ...
749	I - الصين
	التقديم اليسوعي إلى الصين في القرن السابع عشر والثامن عشر - حدود هذا التقديم - انتشار التقديرات العلمية اليسوعية في الصين - نهضة العلم التقليدي - العوامل الداخلية التجديدية -
757	II - اليابان
	العلم الوطني - الاتصالات بالعلم الغربي - زنتاكوو المعرفة الهولندية في اليابان - التوازي مع الصين -
753	مراجع الفصل الأول
765	الفصل الثاني : العلم الهندي في القرن الخامس عشر إلى القرن الثامن عشر
766	A - الرياضيات وعلم الفلك
	التأثيرات الأجنبية - الإهتمام بعلم الفلك الهندي في القرن 18
767	B - الكيمياء والطب
	انتشار العلم الهندي -
771	الفصل الثالث : العلوم في أمريكا المستعمرة
771	I - الأطار التاريخي
	أمريكا الإسبانية - البرازيل البرتغالية - الاستعمار الفرنسي في أمريكا - الاستعمار الإنجليزي -
777	II - أمريكا الإسبانية
	شروط الحياة الفكرية - الرياضيات - علم التعدين والكيمياء - الطب - علم النبات -
783	III - البرازيل البرتغالية
785	IV - أمريكا الفرنسية
788	V - أمريكا الشمالية البريطانية
	الأوصاف الأولى للحيوان والنبات - إنجازات علماء النبات الأميركيين - الطب - علم الفلك - تنظيم التعليم العلمي - الجمعيات العلمية الأولى - بنجامين فرانكلين ، إلمية إنتاجه العلمي -
799	مراجع الفصل الثالث
801	فهرست الأعلام
861	فهرست الصور
863	الفهرس العام

هذه الموسوعة

ساهم في تأليف هذه الموسوعة أكثر من
مئة عالم وباحث بإشراف البروفسور الكبير
رينيه تاتون ، المدير العلمي للمركز الوطني
للبحث العلمي في فرنسا .

وهي من أربعة مجلدات :

المجلد الأول :

العلم القديم والوسيط

من البدايات حتى سنة 1450 م .

المجلد الثاني :

العلم الحديث

من سنة 1450 إلى 1800 .

المجلد الثالث :

العلم المعاصر

القرن التاسع عشر

المجلد الرابع :

العلم المعاصر

القرن العشرون

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع